

INSTRUCTION

sur LA

MACHINE A FILETER.

ERRATA.

Pages.	Lignes.	
6	7	<i>lisez</i> : derniers au lieu de dernière.
	13	<i>lisez</i> : <i>m</i> et <i>l</i> au lieu de <i>m</i> et <i>b</i> .
	25	<i>lisez</i> : <i>ml</i> au lieu de <i>cl</i> .
	29	<i>lisez</i> : (fig. 10) au lieu de (fig. 6).
13	9	<i>lisez</i> : moteur au lieu de monteur.
16	8 et 21	<i>lisez</i> : moteur au lieu de monteur.
	12	<i>lisez</i> : <i>q</i> au lieu de <i>q'</i> .
18	6	<i>lisez</i> : dans l'un des trous, au lieu de : dans des trous.
	14	<i>lisez</i> : <i>l'</i> au lieu de <i>l</i> .
21	12	<i>lisez</i> : direction perpendiculaire, au lieu de direction, perpendi- culaire.
26	16	<i>lisez</i> : $\overline{Q}$: <i>n</i> au lieu de $\overline{Q}, n$.
34	10	<i>lisez</i> : au-dessus, au lieu de : par dessus.
37	21	<i>lisez</i> : nombre des tours, au lieu de : nombre de tours.
44	18	<i>lisez</i> : plus du double, au lieu de : presque le double.
45	11	<i>lisez</i> : mettons au lieu de mettrons.
48	12	<i>lisez</i> : p^2 , au lieu de p_2 .
49	2	<i>lisez</i> : extrayant, au lieu de : exrayant.
52	11	<i>lisez</i> : pèsera, au lieu de péséra.
53	12	<i>lisez</i> : de grands, au lieu des grands.
58	21	<i>lisez</i> : ou le rayon r' du cercle ins- crit, au lieu de : ou le rayon r' du rayon du cercle.
64	18	<i>lisez</i> : ce qui arrive, au lieu de : ce qu'il arrive.
68	15	<i>lisez</i> : π^2 au lieu de π_2 .
74	4	<i>lisez</i> : $\frac{p^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot R'^2}{p_2 + 4 \cdot \pi_2 \cdot R'^2}$, au lieu de :
74	12	<i>lisez</i> : $\overline{ad}^2$, au lieu de $\overline{ad}^2$.

608733

INSTRUCTION

SUR LA

MACHINE A FILETER,

Donnant les moyens de se servir de la Machine, de calculer les vitesses pour obtenir les roues qui déterminent le pas des vis que l'on nous présente dans les différentes constructions ; de calculer le travail que nous pouvons faire avec une vis, en y comprenant les frottements, l'effort que peuvent supporter le filet et le noyau d'une vis ; de déterminer le travail des frottements des vis dans plusieurs circonstances, etc. , avec 18 problèmes résolus.

Ce petit ouvrage renferme deux planches contenant trois projections et trois coupes de la Machine, tracées d'après une échelle de 0^m,05 pour mètre, sur lesquelles nous faisons l'explication de cette dernière ; seize autres figures concernant la machine et la vis ;

PAR T. PLAISANT,

**Chef de l'atelier d'Ajustage de l'École royale d'Arts
et Métiers d'Angers.**



ANGERS,

IMPRIMERIE ET LITH. DE LAUNAY-GAGNOT.

—
1843.

088800

Machine à Fileter.

LÉGENDE DES PLANCHES.

- FIG. 1. Projection verticale longitudinale de la Machine.
- FIG. 2. Profil pris du côté des roues qui modifient la vitesse rectiligne de l'outil.
- FIG. 3. Projection horizontale de la Machine.
- FIG. 4. Coupe dans la figure 1 suivant la ligne *AB*, pour voir le système qui sert à désembrayer les écrous des deux vis *r* et *s*.
- FIG. 5. Coupe dans la figure 3, suivant l'axe *a'b'*.
- FIG. 6. Partie d'une vis à un filet carré.
- FIG. 7. Coupe dans la figure 3, suivant l'axe *Lu*.
- FIG. 8. Cylindre enveloppé par une tringle.
- FIG. 9. Partie d'une vis à un filet triangulaire.
- FIG. 10. Forme que nous donnons aux outils qui servent à fileter les vis, lesquels nous fixons sur le support *P* (fig. 3).
- FIG. 11. Figure de géométrie.
- FIG. 12. Figure de mécanique.
- FIG. 13. *Idem.*
- FIG. 14. *Idem.*
- FIG. 15. *Idem.*
- FIG. 16. Figure de géométrie.
- FIG. 17. Mandrin ou collier à 8 vis, dans lequel nous fixons l'écrou que nous devons alléser et

fileter. Ce mandrin est retenu sur le charriot *E* (fig. 1) par un boulon qui les saisit tous les deux.

FIG. 18. Porte-outil qui sert pour alléser et fileter les écrous qui auront 1, 2, 3 et 4 filets, selon que nous mettrons, 1, 2, 3 et 4 outils dans les trous carrés que porte cet outil. Aux écrous de différents pas et qui ont 2, 3 et 4 filets, il leur faut à chacun un porte-outil différent; et cela est évident, puisque le pas de l'écrou détermine la distance d'un trou à un autre.

FIG. 19. Outils que nous plaçons dans les trous du porte-outil précédent; celui-ci et celui-là ne sont pas dessinés d'après la même échelle.

FIG. 20. Crapaudine avec la forme nécessaire que doit avoir le pivot d'une vis.

FIG. 21. Crapaudine et Collier de rappel avec la forme nécessaire que doit avoir un écrou de presse-voir qui frotte en tournant sur une surface plané.

FIG. 22. Cale que nous plaçons aux extrémités des vis du mandrin (fig. 17), afin que ces dernières ne déforment pas le tube que nous filetons.



PRÉFACE.

Cette brochure , sur la Machine à fileter , doit être considérée comme la continuation des Machines à alléser et à tailler , que nous avons déjà publiées. Dans cette dernière , comme dans les précédentes , nous avons cherché à étendre , à multiplier , autant qu'il nous a été possible , les renseignements , afin que nos jeunes praticiens , aidés de la théorie , puissent avoir des connaissances exactes sur ~~ces précieux outils~~. Les raisonnements que nous ~~avons développés~~ , d'une manière générale , pourront s'appliquer à toutes les machines destinées à faire le même ouvrage , lors même qu'elles différeraient dans leur

structure. Ainsi, lorsque nous aurons bien conçu une machine combinée pour faire un certain travail, nous parviendrons sans peine à en comprendre une autre d'une construction différente, mais destinée à remplir le même but. Il suffira d'apporter un peu d'attention et de persévérer dans cette voie pour en découvrir le secret.

Nous osons espérer que notre travail aplanira quelques difficultés : tel est le mobile qui nous a dirigé, et nous nous estimerons heureux si les élèves peuvent y puiser de nouveaux renseignements, tout à la fois justes et solides, qui pourront les rendre plus habiles dans les ateliers.

Chaque exemplaire doit porter la signature de l'auteur.



LA MACHINE

A FILETER



La machine à fileter est un outil qui sert à creuser, en forme d'hélice, sur un cylindre ou sur un cône, une rainure dont la largeur $a b$ (fig. 6 et 9), est égale à la hauteur du pas de vis ou à la moitié de cette hauteur, selon que le filet est triangulaire ou quadrangulaire. Ce cylindre ou ce cône ainsi creusé, se nomme *vis*.

Une hélice est une courbe qui peut être engendrée par le mouvement d'un point, qui tourne autour d'un cylindre en partant de la base, et parcourt sur la surface de celui-ci et suivant les génératrices, des parties proportionnelles aux arcs de cercle qu'il décrit, compris entre ces dernières. La courbe qui est ainsi engendrée et qui fait un tour complet du cylindre s'appelle *spire*; une suite de spires forme l'hélice. La distance prise sur une génératrice, entre deux spires consécutives, se nomme le pas de la vis.

Une vis, dans la pratique des arts mécaniques, peut être conçue comme engendrée par une tringle $b d$ (fig. 8) prismatique et flexible, laquelle est trian-

gulaire ou quadrangulaire , et fait un angle quelconque $d b o$ avec le plan horizontal $m n$. Cet angle une fois déterminé ne changera pas pour la même tringle qui s'enroulerait autour d'un cylindre ou d'un cône , dont l'axe serait perpendiculaire au plan. Cette tringle ainsi conçue et fixée autour de ces dernières n'est autre chose que la vis.

Les parties saillantes e, c, f, g , etc. (fig. 6 et 9), et les parties excavées k, i, h, j , etc., que produirait la tringle sur le cylindre ou sur le cône , se nomment le filet et le creux de la vis ; la hauteur $l m$, qui est la somme du creux et du filet , est donnée par la distance entre deux points m et b , pris sur une même génératrice $n o$, lesquels points sont les deux rencontres successives de celle-ci avec la même arête de la tringle, qui tourne autour du cylindre ou du cône ; cette distance $m l$ se nomme le pas de la vis.

La vis est triangulaire ou quadrangulaire , selon que l'outil est terminé par le sommet d'un angle de 53° environ , dont les côtés appartiennent à un triangle isoscèle , ou qu'il est terminé par une arête ou ligne droite. Dans le premier cas , la droite $k i$ (fig. 10), qui joint à égale distance du sommet les deux côtés de l'angle qui termine le tranchant de l'outil , est égale à la hauteur $c l$ (fig. 9) du pas de la vis ; et la quantité $a' b'$ dont l'outil doit entrer dans le métal , est déterminée par le filet , lorsqu'il arrive à être à peu près angulaire. Dans le second cas la droite $j p$ (fig 6) qui représente la largeur de l'outil

est la moitié de lm ou du pas de la vis; et la quantité dont cet outil doit entrer dans le métal est égale à cette moitié ou à $jp = a'b'$. Ainsi on obtient la vis triangulaire CE (fig. 9), quand c'est un outil angulaire qui entame la pièce; et une vis quadrangulaire AB (fig. 6), quand c'est un outil terminé par deux angles droits, et par une ligne droite que nous plaçons parallèlement à la génératrice de la pièce. (Voir la forme des outils, fig. 10.)

La vis sert habituellement à produire de grands efforts, comme par exemple lorsqu'on l'emploie pour extraire, au moyen de la pression, le vin contenu dans le raisin, l'huile contenue dans les graines et dans les noix; de même lorsqu'on s'en sert dans le cric à double vis pour lever des fardeaux.

Elle sert encore à faire parcourir à l'écrou de la vis un chemin très-petit, comme par exemple : dans la machine à alléser les corps de pompe, dans les tours parallèles pour tourner les pièces cylindriques, dans la machine à fileter pour confectionner des vis, etc.; alors la vis n'a qu'une hélice. Mais s'il s'agit de faire très-peu de pression pour obtenir plus de vitesse, alors on fait la vis à deux, trois ou quatre hélices semblables, selon le besoin, comme par exemple : dans la vis sans fin garnie d'un volant à palettes, employée dans la sonnerie des grosses horloges, pour rendre égaux les espaces de temps entre les coups du marteau; dans la vis sans fin des tournebroches, pour régulariser leur marche au

moyen d'un volant à couronne, et afin de vaincre les forces d'inertie de la pièce qui est montée sur la broche ; dans les timbres secs et dans les balanciers pour frapper la monnaie, en agissant par percussion ; dans la vis de la presse à imprimer, pour avoir un grand chemin parcouru pendant un tour, etc... Dans l'horloge, le tournebroche, le timbre sec et le balancier, les vis sont faites à trois hélices égales et équidistantes, et à quatre pour la vis d'imprimerie. Dans ces dernières vis nous ne devons pas confondre la distance entre deux spires consécutives de la même hélice, ou le pas de la vis, avec la distance donnée par la hauteur du filet, plus celle du creux, (cela ne peut avoir lieu que pour la vis à une seule hélice); nous commettrions une erreur très-grave dans le calcul, soit pour l'effort à faire, soit pour le chemin à parcourir (voir *Machine à tailler les roues*, pages 48 et 39). En général le pas de la vis est toujours donné par le chemin rectiligne que parcourt un des points de la vis ou de l'écrou, dans une révolution complète.

La vis à filet carré vient encore d'être employée, avec un succès remarquable, dans les métiers qui sont destinés à la préparation du chanvre ou du lin, que l'on file à l'aide de machines. Pour maintenir les fibres du chanvre dans des positions parallèles, on a employé de petits peignes étroits à broches droites; le chanvre va dans un sens rectiligne pour sortir du métier et ceux-ci vont dans le sens opposé. D'après cela, puisque les peignes ont un mouvement recti-

ligne, il faut qu'ils soient renouvelés par d'autres au fur et à mesure que chacun d'eux a parcouru la course qui lui est imposée, et ensuite qu'il retourne au même point d'où il est parti ; car on ne peut pas avoir une suite indéfinie de peignes. Pour parvenir à cette heureuse idée, on a employé deux systèmes composés chacun de deux vis égales, de même longueur, et dont l'une est à droite et l'autre à gauche ; les vis supérieures ont $0^m,0125$ de pas, et celles inférieures $0^m,0175$, chacune d'elles est commandée par une roue dentée fixée à une de ses extrémités.

Pour concevoir la position de ces quatre vis, nous considérons que les axes de celles-ci occupent la place des quatre arêtes longitudinales d'un prisme rectangulaire, qui aurait environ $0^m,550$ de longueur, lesquelles arêtes seraient sensiblement inclinées sur l'horizon, et le prisme aurait deux faces longitudinales verticales.

Les peignes ayant $0^m,0125$ de largeur et une longueur qui est donnée par la plus courte distance entre les deux vis d'un système, sont garnis à chaque extrémité d'une partie en acier que l'on fait entrer avec justesse dans les creux des vis, de telle sorte que les peignes soient placés perpendiculairement aux axes de ces dernières. Les creux des quatre vis étant égaux, les peignes peuvent être placés indistinctement, soit sur le système supérieur, soit sur celui inférieure et les vis tournant dans des sens contraires, il en résulte que les peignes qui sont placés sur le

système supérieur chemineront dans un sens , et ceux qui le sont sur celui inférieur , chemineront dans l'autre ; les hélices des vis ne sont pas dirigées dans le même sens , c'est-à-dire qu'elles sont à droite et à gauche. Maintenant si nous concevons que chaque vis soit armée d'une came et que la machine porte des coulisses placées convenablement aux extrémités des vis, pour faire monter ou descendre verticalement les peignes, nous verrons facilement que, quand les peignes supérieurs auront parcouru leur chemin , ils descendront par un bout sur les vis inférieures; et que , quand les peignes inférieurs auront aussi fait leur chemin, ils remonteront par l'autre; et le mouvement sera établi et continu. Ce sont les comes placées aux extrémités des vis , qui prennent les peignes, les montent et les descendent. Le mouvement s'effectue de telle sorte que le système supérieur est toujours rempli , c'est-à-dire qu'aussitôt qu'un peigne descend par un bout , il est remplacé par un autre qui monte par l'autre extrémité.

Il est bien facile de reconnaître l'importance de la vis parmi les nombreuses combinaisons que la mécanique appliquée possède , quand on la voit figurer dans toutes les machines qui existent ; si elle n'y est pas employée comme machine pour faire agir un écrou ou agissant elle-même dans ce dernier, on la voit qui sert à réunir et à fixer les pièces qui servent par son ensemble à composer une autre machine. Il est donc bien prouvé que l'appareil qui est destiné à fa-

briquer des vis de toutes dimensions, est d'une grande utilité pour les arts mécaniques.

Nous venons de voir comment on peut concevoir la vis, mais une pareille construction ne serait pas d'une grande solidité, qui doit être toujours garantie, et ne donnerait pas une parfaite régularité dans les contours que fait la tringle sur le noyau; et c'est pour y parvenir que les mécaniciens ont imaginé la machine à fileter, pour faire, avec une régularité parfaite, tous les pas de vis possibles. En effet, ici nous faisons le contraire de ce que nous avons dit : au lieu de supposer le cylindre de la grosseur du noyau de la vis enveloppé par la tringle, nous le concevons du diamètre extérieur du filet de la vis, duquel nous détachons, dans les mêmes conditions précitées, la tringle dont nous nous sommes servis pour donner une idée de la vis.

Pour comprendre comment cette machine fonctionne, nous allons en donner une description succincte, ainsi que la marche à suivre pour parvenir à construire des vis d'un pas quelconque. Cette machine est composée d'un établi en fonte *AB* (fig. 1 et 3), d'une longueur variable entre quatre et cinq mètres, qui est porté par deux pieds aussi en fonte *CD*, et fixés ensemble à l'aide de boulons à écrous.

L'établi est muni de deux parties *ab*, *cd* (fig. 3) parallèles, bien dressées, et rodées avec le chariot *E* (fig. 1, 2 et 4); lesquelles parties servent de chemins à coulisses à ce dernier, sur lequel nous arrêtons le

support porte-outil *P*. Sur ces chemins nous faisons glisser à volonté la poupée *H*, que nous fixons de position suivant la longueur de la pièce qu'il faut fileter. Cette poupée s'appelle contre-poupée ou poupée mobile, parce que sa place n'est pas limitée. L'établi portant la crémaillère *FG* (fig. 3), le chariot et la poupée étant munis chacun d'un pignon denté qui engrène avec la première, il est facile de voir que ces deux dernières pièces se mouvront sur les chemins, quand nous tournerons les manivelles *c'*, *d'* (fig. 1, 3), qui sont fixées sur les axes de ces pignons. Le chariot est maintenu avec l'établi à l'aide de deux plaques de fonte qui traversent intérieurement ce dernier, et que l'on fait appuyer sur deux autres chemins faits parallèlement sous les deux premiers; de manière que, quand ces plaques sont assujetties au chariot, celui-ci puisse se mouvoir suivant la longueur de l'établi; mais sans pouvoir se transporter, par l'effet de la résistance de la matière à couper, dans tout autre sens quelconque.

C'est au moyen de pareilles plaques que nous fixons invariablement la poupée mobile sur l'établi, laquelle est munie d'une pointe *g*, pour recevoir une des extrémités de la pièce à fileter. Cette pointe par un bout du cylindre *f*, qui est maintenue dans la poupée, et par l'autre bout, une vis *k* de pression et de rappel, qui est taraudée dans cette poupée, pour faire avancer ou reculer la pointe, nous donnent la facilité de monter ou de descendre la pièce à tra-

vailler, qui est portée par les pointes, sans qu'il soit utile de déranger la poupée mobile, une fois que sa position a été donnée.

A l'extrémité gauche de l'établi se trouve toujours fixée invariablement la poupée *Q* (fig. 1, 3) immobile; celle qui est munie de l'arbre *T* garni d'une pointe *s*, d'une roue dentée *Z* de 60 dents et de deux poulies *X* à courroie. Celles-ci reçoivent l'action directe du monteur, et ne servent que quand nous voulons tourner sur la machine à fileter des pièces d'un petit diamètre. Tandis que la roue dentée *Z* est employée pour ralentir le mouvement circulaire de la pièce, et pour faire marcher le chariot au moyen d'une autre roue dentée *V* de 20 dents qui engrène avec elle.

Cette poupée immobile est garnie de deux coussinets coniques en bronze que nous serrons à volonté, dans lesquels roule l'arbre *T* qui porte par un bout l'embase *n* et le nez *u* fileté, pour recevoir une bride *m* qui entraîne le porté-outil servant à fileter les écrous, et à l'autre bout de l'arbre est fixée une roue *L* (fig. 2, 3) de 22 dents, engrenant avec une autre roue *M* de 66 dents, qui est montée sur un arbre *O* garni de deux poulies *S* à courroie, lequel est fixé sur un support en fonte *R* arrêté avec des boulons sur la poupée *Q*.

Au bout de l'établi et sur une des faces latérales se trouve le système *F* (fig. 1, 2 et 3), qui est fixé sur cette face et sur la poupée immobile; de telle sorte

que nous puissions l'avancer ou l'éloigner de cette dernière, pour pouvoir faire engrener avec la roue Z , l'un des trois pignons dentés A' . Ce système est muni de paliers a' , b' garnis de coussinets en bronze, dans lesquels nous plaçons d'un côté le collet de l'arbre qui est fixé avec les pignons A' , et de l'autre le collet d'une grande douille qui peut tourner librement sur cet arbre; laquelle douille fait pièce avec une roue conique de 28 dents, et porte une roue cylindrique G' de 60 dents. Sur ce même arbre est fixé au moyen de clefs un manchon U d'embrayage qui, à l'aide d'un levier q que nous manœuvrons à la main, glisse suivant l'axe de celui qui le porte; lequel manchon peut aussi, par cette raison, s'embrayer avec la roue conique qui tient à la douille, ou avec une seconde roue d'angle égale à la première.

Cette seconde roue conique est placée en face de la première sur le même arbre, et peut aussi tourner librement sur ce dernier. Sous ces deux roues coniques est une oreille qui sert de support au levier d'embrayage q et à une troisième roue conique égale aux deux autres; celle-là tourne toujours librement sur son axe et engrène avec ces dernières. De sorte que le mouvement circulaire se transmet à l'arbre T du tour, quand nous l'avons préalablement donné aux deux poulies R' , qui sont montées sur la douille d'un pignon H' de 16 dents, engrenant avec la roue G' de 60 dents, et lorsque le manchon est embrayé avec une des deux roues coniques en regard. Cette

douille tourne librement sur un arbre fixé dans le grand support du système *Y*.

Cela dit, il est facile de voir que ce mouvement circulaire de l'arbre *T* s'effectue dans un sens ou dans l'autre, ou même pas du tout, si nous plaçons successivement le levier *q*, qui fait glisser le manchon, dans les trois positions différentes qui suivent, et qu'il est toujours facile de lui faire occuper.

1° En éloignant de soi la queue de ce levier, nous faisons embrayer le manchon avec la roue conique de droite (c'est avec la main gauche qu'on le pousse); alors comme la roue *G'* tourne toujours dans le même sens, et en supposant que ce sens s'effectue vers nous par la partie supérieure de la roue, nous voyons, par l'effet de la troisième roue conique *K'* (voyez page 70, *Machine à tailler les roues* fig. 34), que la roue qui est prise avec le manchon tourne dans un sens opposé à celui de la roue *G'*, et que, par l'effet de l'un des pignons *A'*, qui engrène avec la roue *Z*, celle-ci tourne dans le même sens que celle-là.

2° En tirant tout à fait à soi le levier d'embrayage (c'est toujours avec la main gauche), nous faisons prendre le manchon avec la roue conique de gauche; alors, comme cette roue tourne comme *G'*, elle entraîne le manchon, l'arbre et les trois pignons *A'*; et par l'effet de l'un de ces trois derniers, la roue *Z* tourne dans un sens opposé à celui de la roue *G'*.

3° Enfin, en plaçant le levier dans la position in-

termédiaire aux deux positions précédentes, le manchon n'embraye ni avec la roue conique de droite ni avec celle de gauche; alors, comme la roue conique qui porte la roue G' peut tourner sur l'arbre sans l'entraîner, il s'ensuit que le manchon reste immobile, ainsi que l'arbre aux trois pignons et la grande roue Z . Ce qui nous fait voir que nous pouvons arrêter le mouvement du tour, sans toucher au monteur ou aux poulies R' ; et que nous pouvons changer la direction du mouvement circulaire de l'arbre T , sans la moindre difficulté, puisqu'il s'agit seulement de pousser ou de tirer le levier q' .

En faisant bien attention au manchon et aux deux roues coniques en regard, nous voyons que chacun de ces trois communicateurs, est muni de deux heurtoirs placés suivant un diamètre; et que, à l'aide de ces derniers, nous mettons le manchon en prise avec une de ces roues. De même, nous remarquons que celui-là peut être placé dans le milieu de l'espace qui existe entre celles-ci, sans qu'aucun des heurtoirs soit embrayé; de manière que le monteur peut tourner et entraîner, à l'aide d'une courroie, les poulies R' et le pignon H' , ainsi que la roue G' , qui entraîne toujours la roue conique de gauche, sans que le mouvement soit communiqué au tour.

La roue E de vingt dents (fig. 7), qui engrène avec la grande roue Z , est arrêtée sur l'arbre V que nous plaçons sur les deux paliers, c , d , l'un fixé dans l'intérieur de la poupée et l'autre sur le bout

de l'établi. A l'autre extrémité de cet arbre se trouve une roue *A* (fig. 1, 2, 3) de 24 dents, qui engrène avec une autre roue *B* de 90 dents, laquelle est fixée sur une douille commune qui porte une autre roue *C* de 35 dents; celle-ci engrène avec une roue intermédiaire (Voyez *Machine à tailler*, page 59,), qui commande une roue *D* de 50 dents fixée sur la vis *r* (fig. 3), qui fait glisser le chariot *E*.

La roue intermédiaire *t* se place pour faire les vis avec le filet à droite; mais nous la retirons, et nous faisons engrener 35 avec 50, ou *C* avec *D*, (ceci est plus général) pour faire une vis avec le filet à gauche. Ce qui nous fait voir clairement que cette roue *t* intermédiaire, n'est employée que pour changer la direction du mouvement circulaire de la vis; et par suite, la direction du mouvement rectiligne du chariot *E* se trouve changée. De manière que, quand nous avons une vis à confectionner avec le filet à droite, nous commençons par entamer la pièce du côté de la poupée mobile, et du côté de la poupée immobile, pour une vis avec le filet à gauche.

La roue *t* et les deux autres *B*, *C*, qui sont fixées sur la même douille, sont placées sur des supports à fourches servant de coulisses, qui peuvent être mis dans toutes les positions qu'il est possible de concevoir; car au moyen des trous carrés, qui sont sur le bout de l'établi, nous pouvons les déplacer; et comme ces supports peuvent tourner autour de chaque trou carré pris pour centre, avec un rayon

plus ou moins grand, nous pouvons de cette manière placer sur ces supports deux roues d'une grandeur quelconque, pourvu qu'elles soient destinées à ce travail; chacun de ces supports à fourches est fixé contre le bout de l'établi à l'aide d'un boulon qui entre, en saisissant la fourche, dans des trous carrés.

Sous les deux poulies *S* qui portent la roue *M* de 66 dents, se trouve un autre support en fonte fixé contre l'établi, lequel support est muni d'un coussinet en bronze, pour le premier collet de la vis *r*, et d'un moyeu ou disque dans lequel nous arrêtons un axe, qui est garni de deux poulies *L'* pareilles aux deux précédentes. Ces poulies sont montées sur la douille d'un pignon *l* de douze dents, qui est destiné à imprimer le mouvement à la roue de 80 dents, laquelle nous montons sur la vis *r*, quand nous tournons cylindrique, ou quand nous alléons un corps de pompe avec la machine à fileter. Dans ces deux cas les quatre roues *A*, *B*, *C*, et *D* ne sont point employées, et ne doivent point communiquer le mouvement à la vis. Pour imprimer celui-là à celle-ci, nous mettons la courroie *g' f'* (fig. 2, 3) sur les poulies, et d'après ce que nous venons de dire, il est facile de voir que la vis tournera quand l'arbre *T* sera en mouvement.

Il est très-facile de comprendre que cette transmission ne convient point pour fileter, parce que la courroie *g' f'* est sujette à glisser, surtout quand il se trouve que la matière à couper offre trop de ré-

sistance ; ce qui arrive fréquemment dans le travail du filetage.

Deux vis r et e (fig. 4, 3, 4) de même diamètre, de même pas (0^m,01) et le filet de même sens (à droite), sont placées : la première r d'un côté de l'établi et la 2^m e de l'autre. L'une de ces vis, celle qui reçoit la roue dentée D pour fileter, est de toute la longueur de l'établi, et l'autre est plus courte de toute la longueur de la poupée immobile. Pour transmettre le mouvement de la vis r , à celle qui est du côté opposé, nous mettons, à l'extrémité de l'établi du côté de la contre-poupée, trois roues égales : la première montée sur la vis r , la seconde sur la vis e , et la troisième est une roue intermédiaire qui engrène avec les deux premières ; de manière que ces deux vis tournent dans le même sens, en poussant ou en tirant ensemble le chariot E . Chaque vis est munie de deux paliers garnis de coussinets en bronze, et se trouve recouverte sur toute sa longueur par une bande en fonte qui fait corps à l'établi.

Pour faire avancer ou reculer le chariot E , soit à l'aide de la manivelle, ou au moyen des vis r , et e , nous plaçons sur les côtés du chariot deux demi-écrous en bronze x' et g' (fig. 4), que nous embrayons à volonté avec ces vis. Pour que cela ait lieu, nous faisons en sorte que ces demi-écrous glissent chacun avec justesse, dans une mortaise qui est pratiquée de chaque côté du chariot, et qu'ils soient

traversés chacun sur son derrière par un levier *s* de second genre, qui prend son point d'appui un peu plus bas que l'écrou; puis, que les grands bras de leviers soient mis en mouvement, l'un par une vis *u* à filet à droite et l'autre par une vis *t* à filet à gauche, (ces deux vis sont d'une seule pièce et sont munies d'une seule manivelle *i*); ensuite, que cette double vis soit fixée sur le chariot à l'aide de deux colliers, et que ses écrous portent des tourillons que nous plaçons aux extrémités des deux grands bras de leviers. De sorte que, quand nous tournons la manivelle *i* de cette double vis, les écrous en bronze, qui embrayent avec les grandes vis, ont des mouvements de directions contraires, et peuvent, par cette raison, s'embrayer ou se déembrayer, selon la volonté de celui qui conduit la machine. Ces deux leviers ont leurs bras parfaitement pareils, et sont situés, à l'égard des vis, dans les mêmes conditions.

Ainsi, quand nous voulons faire glisser le chariot au moyen de la crémaillère, nous mettons le levier *q* (fig. 3 et 4) dans sa position intermédiaire, afin d'arrêter le mouvement de l'arbre *T*; puis, après avoir déembrayé les demi-écrous à l'aide de la manivelle *i*, nous tournons la manivelle *C'* du chariot.

Pour empêcher que les grandes vis *r* et *s*, ne se fassent; pendant le travail, nous mettons, de distance en distance (0^m,60 environ), des poulies en bronze qui servent de coussins et placées horizon-

talement en appuyant sur la surface du filet, lesquelles sont fixées sur l'établi, et n'ont pour le contour de la partie circulaire, que les $\frac{2}{5}$ de celui d'une vis.

Il nous reste encore à donner une idée du support *P* (fig. 1, 3 et 4,) qui reçoit l'outil tranchant : ce support se compose d'un patin à fourche en fonte, que nous arrêtons sur le chariot *B* à l'aide d'un boulon ; puis, d'une partie creuse cylindrique, dans laquelle nous introduisons un cylindre qui fait corps à un fort plateau carré, sur lequel nous mettons deux coulisseaux, qui glissent dans des directions, perpendiculaires entre elles ; ensuite, d'une plaque carrée sur le coulisseau supérieur, laquelle plaque est munie de boulons et de leviers, qui nous servent pour fixer solidement l'outil tranchant *z* (fig. 4) qui est destiné à couper le métal.

Ce cylindre, muni du plateau et des coulisseaux, et pouvant tourner à volonté dans le patin, nous permet de mettre l'outil dans toutes les positions qu'exige le travail de cette machine. Par conséquent, lorsque nous voulons fileter, nous plaçons un des coulisseaux perpendiculairement à la génératrice de la pièce, puis l'outil, et au moyen des manivelles *y* et *x* (fig. 1 et 2) que portent les vis des coulisseaux, nous reculons ou nous avançons l'outil dans la matière à entamer.

Les pointes des deux poupées doivent toujours être placées de telle sorte que la génératrice de la pièce,

(la génératrice qui est sur le côté et dans le plan du tranchant de l'outil), soit parallèle aux chemins qui guident le chariot, sans cela nous couperions la matière irrégulièrement, ce qui empêcherait d'avoir un mouvement régulier, et une profondeur de filet invariable. Nous savons que le tranchant de l'outil doit toujours se trouver à la hauteur des pointes.

Actuellement nous pouvons voir comment cette machine fonctionne, pour parvenir à faire des vis d'un pas quelconque. D'après ce qui précède, nous savons que, si nous donnons le mouvement à l'arbre T , la vis r se mettra en mouvement et par suite l'autre vis s ainsi que le chariot; mais pour rendre cela plus clair, nous ne nous occuperons plus de la seconde vis s ni du chariot; de manière que nous n'aurons en vue que le nombre des tours qui s'effectuent dans le même temps, soit par l'arbre T , qui entraîne la pièce, soit par la vis r , qui fait mouvoir l'outil parallèlement à cette pièce.

Ce que nous venons de dire suffit pour nous faire concevoir comment s'engendre la vis à construire, car pendant que la pièce tourne, l'outil marche devant elle en l'entamant, et trace ainsi au moyen de deux mouvements, l'un circulaire pour la pièce et l'autre rectiligne pour l'outil, une hélice dont le pas P est donné par celui de la mère-vis, multiplié par le rapport des vitesses angulaires de la pièce et de cette dernière. Ainsi par exemple, v étant la vitesse angulaire de la vis r , que nous appellerons désormais

mère-vis pour ne pas la confondre avec d'autres, et V celle de l'arbre T ou de la pièce, nous aurons en représentant par P le pas de la vis à construire et par p celui de la mère-vis: $P = p \times \frac{v}{V}$. Car, si V par exemple est quatre fois plus grand que v , la pièce fera 4 tours pendant que la mère-vis en fera 1, et comme celle-ci, en faisant un tour, fait parcourir 0^m,01 à l'écrou, l'outil parcourra aussi 0^m,01; mais pendant ce temps la pièce a fait 4 tours. Or, comme il suffit qu'elle en fasse 1 pour avoir son pas de vis, nous aurons donc dans un tour de la mère-vis, quatre pas de vis égaux et successifs sur la pièce, autrement dit, le pas de vis de la pièce sera le $\frac{1}{4}$ de celui de la mère-vis.

Cela nous fait voir que les vitesses angulaires imprimées à l'arbre et à la mère-vis, sont en raison inverse du rapport qui existe entre le pas de la vis à construire et celui de la mère-vis, c'est-à-dire que nous aurons $V : v :: p : P$; d'où $V.P = v.p$, ce qui peut s'expliquer d'une autre manière : le produit de la vitesse angulaire de la pièce par son pas de vis est égal au produit de la vitesse angulaire de la mère-vis par son pas de vis; d'où nous tirons $P = p \times \frac{v}{V}$, ce que nous avons énoncé.

Cela dit, proposons-nous de trouver la vitesse angulaire de la mère-vis et de la pièce, quand il s'agit

de faire une vis de pressoir d'un pas de vis de $0^m,025$ de hauteur. Pour y parvenir, prenons l'équation précédente, et substituons-y le pas, $p=0^m,01$, de la mère-vis, et celui $P = 0^m,025$, nous avons

$$0^m,025 = \frac{v}{V} \times 0^m,01 ; \text{ puis en multipliant par } V \text{ et}$$

par 1000, nous obtenons $25.V=10.v$; ensuite en divisant les 2 membres par v et par 25 nous trouvons

$$\frac{V}{v} = \frac{10}{25} = \frac{2}{5}; \text{ c'est-à-dire que la pièce fera deux}$$

tours pendant que la mère-vis en fera 5, ou 1 contre $2 + \frac{1}{2}$. Ce que nous venons de trouver est effective-

ment vrai, puisque deux tours et demi de la mère-vis font parcourir $0^m,025$ à l'écrou ou à l'outil, pendant que la pièce en fait un.

Quand le cylindre à fileter est monté sur les pointes des poupées (fig. 1 et 2) et que l'outil est placé comme nous l'avons dit; c'est-à-dire de manière qu'il décrive une parallèle à la génératrice du cylindre, et qu'il soit perpendiculaire à ce dernier, nous faisons sur la surface, avec un bec-d'âne, une ouverture à l'endroit où l'outil doit commencer le creux; puis nous avançons cet outil de $0^m,0002$ à $0^m,0004$ dans cette ouverture selon la force des vis. Cela fait, nous donnons le mouvement à la machine; alors l'outil fait une rainure en hélice sur toute la longueur à fileter.

L'outil étant arrivé au point indiqué, nous arrêtons

le mouvement de l'arbre, en mettant avec la main gauche le levier *q* dans sa position intermédiaire, et nous retirons l'outil de l'intérieur de la matière à l'aide de la manivelle *y*, en tenant compte sur un limbe gradué, porté par le coulisseau, de la quantité dont nous l'avions fait entrer; puis, avec la même main, nous tournons la manivelle *i* de la double vis pour faire débrayer les écrous en bronze des grandes vis; et enfin, nous prenons de la main droite la manivelle *c'* du pignon du chariot, et nous conduisons celui-ci jusqu'au lieu où le filet est commencé. L'outil étant parvenu à ce lieu, en tenant un compte exact de la position précédente de l'aiguille sur le limbe, (cette aiguille est placée sur la vis qui fait aller le coulisseau porteur de l'outil) nous pénétrons de nouveau dans la vis en confection de 0^m,0002 à 0^m,0004 ce qui fait avec la première passe (1) une profondeur de 0^m,0004 à 0^m,0008.

Cette seconde opération étant faite nous en recommencerons une troisième, en répétant les mêmes opérations; et ainsi de suite jusqu'à la profondeur exigée. Pour les vis à filets carrés, nous nous servons de deux outils: le premier est arrondi du bout et un peu plus étroit que la largeur du creux, il sert pour enlever le plus gros de la matière à sortir; le se-

(1) Nous entendons par passe une opération complète, c'est-à-dire que l'outil commence par un bout du cylindre, en coupant le métal et en continuant jusqu'à l'autre bout sans se déranger.

cond est celui qui doit finir le creux de la vis, (voir la fig. 40).

Il est facile de comprendre qu'avec une pareille machine nous pouvons faire tous les pas de vis possibles, pourvu qu'elle soit munie d'un certain nombre de roues dentées prises 4 à 4, comme celles *A*, *B*, *C* et *D* (fig. 3) qui sont sur la machine; car 40 roues dentées, chacune d'un nombre de dents différent, nous donnent 91390 combinaisons différentes.

En effet, en supposant chacune de ces roues comme un nombre représenté par une lettre, nous pouvons certainement considérer les 40 roues comme 40 nombres représentés par 40 lettres, et chercher le nombre des produits différents qu'il est possible de faire avec 40 lettres prises 4 à 4, au moyen de la formule

$$\frac{P(m - n + 1)}{Q, n}.$$

Nous trouvons cette formule en prenant pour numérateur le nombre des arrangements qu'il est possible de faire avec *m* lettres prises *n* à *n*, et pour dénominateur celui que nous pouvons faire dans un produit de *n* lettres.

Cette formule, en faisant successivement *n* = 2, *n* = 3, *n* = 4, etc., se change en

$$\frac{m(m - 1)}{1 \times 2},$$

pour *n* = 2, en

$$\frac{m(m - 1)(m - 2)}{1 \times 2 \times 3},$$

pour $n = 3$, en

$$\frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1 \times 2 \times 3 \times 4},$$

pour $n=4$; de manière qu'en faisant dans cette dernière $m = 40$, nous aurons, pour le cas qui nous occupe :

$$\frac{40(40-1)(40-2)(40-3)}{1 \times 2 \times 3 \times 4} = \frac{2193360}{24} = 91390 \text{ pro-}$$

duits différents ; voir la théorie des combinaisons.

Ces produits différents sont autant de systèmes de 4 roues; or, chacun de ces systèmes peut produire 6 rapports différents de vitesses; car, remarquons dans l'équation

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{A \times C}{B \times D}$$

que chacune des quatre lettres A, B, C et D peut être trois fois facteur, tant dans le numérateur que dans le dénominateur du second membre, ce qui nous donne

$$\frac{AC}{BD}, \frac{DC}{BA}, \frac{BC}{AD}, \frac{DB}{CA}, \frac{DA}{BC} \text{ et } \frac{AB}{DC}$$

pour les 6 rapports de vitesses, ou $\frac{3 \times 4}{2} = 6$ en employant le calcul des combinaisons.

Maintenant, en multipliant le nombre 91390 par 6, nous aurons 548340 pas de vis différents que nous pourrons faire sur cette machine à fileter munie de 40 roues dentées, chacune d'un nombre de dents différent.

Quand le rapport des vitesses $\frac{V}{v}$ sera connu,

nous nous occuperons de déterminer le nombre de dents qui convient à chaque roue , afin que ce rapport ne soit pas troublé ; pour cela nous procéderons de la manière suivante: nous nous rappellerons que , dans un système de roues dentées , le produit des nombres des dents des roues qui commandent , est au produit des nombres des dents de celles qui sont commandées , comme la vitesse angulaire de la dernière commandée est à la vitesse angulaire de la première qui commande. En appelant n le premier produit et N le second , nous aurons

$n : N :: v : V$, ou $\frac{n}{N} = \frac{v}{V}$; v est la vitesse angulaire de la roue qui est sur la vis r , et V celle de la roue qui est sur l'arbre T .

Mais comme le premier membre se compose de 6 roues dentées , (pour que le mouvement se transmette de l'arbre à la vis fig. 2), dont deux de ces roues sont toujours connues, celle de 60 dents qui est sur l'arbre et l'autre de 20 dents qui engrène avec elle, nous le représenterons par 60, A et G pour les facteurs de n et par 20, B et D pour les facteurs de N . De cette manière , en substituant , nous avons

$$\frac{60}{20} \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{v}{V} \quad (1).$$

Nous considérerons cette équation comme ayant deux inconnues C et D , que nous déterminerons par la méthode des équations indéterminées , quand nous aurons mis à la place de v et V leurs valeurs , ainsi que

celles de A et B que nous prendrons arbitrairement, en nous donnant le nombre des dents de la roue qui commande et celui de la roue qui est commandée par la précédente, ou le rapport qu'elles ont entre elles.

Actuellement, rappelons-nous que l'équation $p \times v = P \times V$ que nous avons trouvée précédemment, nous donne aussi : $\frac{v}{V} = \frac{P}{p}$; en substituant dans l'équation (1), nous en avons une autre :

$\frac{60}{20} \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{P}{p}$, (2), avec laquelle nous déterminons les nombres de dents des roues en fonctions du pas de chaque vis.

1.^{er} EXEMPLE. Prenons divers exemples de cette formule, et appliquons-la d'abord à la vis à filet carré de 0^m,025 de pas, que nous avons déjà prise. En y substituant la valeur numérique des deux pas de vis, et en faisant $\frac{A}{B} = \frac{1}{2}$, nous obtenons

$\frac{60}{20} \times \frac{1}{2} \times \frac{C}{D} = \frac{0^m,025}{0^m,01} = \frac{5}{2}$, en multipliant par 200 les deux termes du second membre. Faisons disparaître les facteurs communs, ainsi que les dénominateurs, il vient $3 \times C = 5 \times D$; d'où $C = 5$ et $D = 3$. Substituons et nous avons :

$\frac{60}{20} \times \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} = \frac{5}{2}$; en multipliant par 32 les deux termes de la seconde fraction du premier membre, et par 8 ceux de la troisième, nous trouvons

$\frac{60}{20} \times \frac{32}{64} \times \frac{40}{24} = \frac{5}{2}$. Ce qui nous donne pour le nombre des dents des roues : $A = 32$, $B = 64$,
2

$C = 40$ et $D = 24$. Ces roues se placent : la première A sur l'arbre qui est sous la poupée immobile (fig. 2), la seconde B sur l'arbre de la troisième C , mais engrenant avec la première, et enfin la quatrième D sur la vis r engrenant avec la troisième.

2^e EXEMPLE. On nous demande une vis d'imprimerie à filets carrés à 4 hélices, pour descendre de 0^m,08 dans un tour, ce qui nous donne le pas de la vis. En l'introduisant dans la formule

$P = p \times \frac{v}{V}$, ainsi que le pas de la mère-vis, nous avons $0^m,08 = 0^m,01 \times \frac{v}{V}$, puis en multipliant par V et par 100, il vient $8 \times V = v \times 1$. Divisons les deux membres par V nous avons $8 = \frac{v}{V}$, ou $\frac{8}{1} = \frac{v}{V}$, ce qui nous fait voir que la mère-vis doit faire 8 tours pendant que la vis d'imprimerie en fera 1.

Actuellement, nous pourrons, sans nous occuper des vitesses angulaires, trouver les 4 roues en substituant la valeur numérique des deux *pas* dans l'équation (2), qui donne les nombres des dents de ces roues; de sorte que, nous aurons :

$\frac{60}{20} \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{0^m,08}{0^m,01}$, dans laquelle nous ferons $\frac{A}{B} = \frac{5}{2}$, et nous aurons $\frac{60}{20} \times \frac{5}{2} \times \frac{C}{D} = \frac{0^m,08}{0^m,01} = \frac{8}{1}$, en multipliant par 100 les deux termes du dernier membre. Faisons disparaître les facteurs communs

ainsi que les dénominateurs, il vient $C \times 15 = 16 \times D$; d'où $C=16$ et $D=15$. Substituons et nous avons :

$\frac{60}{20} \times \frac{5}{2} \times \frac{16}{15} = \frac{8}{1}$; puis, multiplions par 14, les deux termes de la seconde fraction, et par deux, ceux de la troisième du premier membre, il vient

$$\frac{60}{20} \times \frac{70}{28} \times \frac{32}{30} = \frac{8}{1} ; \text{ d'où nous tirons :}$$

$A = 70$, $B = 28$, $C = 32$ et $D = 30$ dents.

Ces roues se placent sur la machine de la même manière que dans le premier exemple.

3^e EXEMPLE. On nous demande une vis à filet angulaire de 0^m,001 de pas; il est facile de voir que la pièce à fileter fera 10 tours pendant que la mère-vis en fera 1. Pour cela, substituons la valeur des *pas* dans l'équation (2) des roues, et nous avons

$$\frac{60}{20} \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{0^m,001}{0^m,01} = \frac{1}{10}, \text{ en multipliant par 1000 les deux termes du second membre.}$$

Faisons $\frac{A}{B} = \frac{1}{5}$, puis supprimons les facteurs communs, et chassons les dénominateurs, il vient : $D \times 1 = C \times 6$; d'où $C=1$ et $D=6$. Substituant, nous trouvons

$$\frac{60}{20} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{10}; \text{ ensuite, multiplions par 21 les deux termes de la seconde fraction et par 20 ceux de la troisième du premier membre, nous obtenons :}$$

$$\frac{60}{20} \times \frac{21}{105} \times \frac{20}{120} = \frac{1}{10}; \text{ d'où } A = 21, B = 105, C = 20 \text{ et } D = 120. \text{ Ces roues se placent de la même}$$

manière que dans les autres exemples. Nous voyons maintenant, comment il est facile d'obtenir les roues dentées, qu'il faut pour faire une vis d'un pas quelconque.

Quand nous aurons à construire une vis à plusieurs hélices, après avoir rendu cylindrique la pièce qui doit être transformée en vis, nous tracerons sur sa surface, au moyen d'un outil pointu, l'hélice de la vis; puis nous diviserons avec un compas à pointes très-fines, la distance entre deux spires ou le pas P pris sur une génératrice, en autant de parties égales que l'on nous demandera d'hélices ou de filets. Cela fait, nous faisons un creux en commençant par le premier point de la première division; celui-ci fini, nous commençons le second creux en mettant le même angle de l'outil, que nous avons mis sur le premier point, sur le second, et ainsi de suite en conservant les intervalles parfaitement égaux.

Si la vis devait engrener avec une roue dentée, comme cela arrive fréquemment en mécanique, la forme de l'outil, à la partie qui entre dans le métal, devrait être telle que celle du creux d'une crémaillère qui engrènerait avec cette roue: (Voyez, *Machine à tailler les roues*, page 44).

Tout ce que nous avons dit pour fileter une vis s'applique à son écrou; seulement avec cette différence que l'écrou est fixé dans un mandrin à 8 vis (fig. 17), que nous substituons au support porte-outil; et que l'outil, pour couper le métal, se loge dans un cylindre, ou dans un arbre a en acier

(fig. 18), placé sur les pointes des poupées. Dans l'opération du filetage de l'écrou, le mouvement de l'outil, ainsi que celui de la pièce, est le contraire de ce qu'il était, de circulaire pour la vis, il devient rectiligne pour l'écrou; et de rectiligne, il devient circulaire pour l'outil. Il va sans dire, d'après cela, que l'écrou doit avoir un trou un peu plus fort que l'arbre *a*, et que ce trou doit être allésé sur la machine à fileter avant de commencer à faire le creux.

Sur la machine à fileter nous alléons les écrous et les corps de pompe, tout aussi bien que nous tournons et que nous filetons les cylindres, soit en fer, en acier, en fonte, en laiton, ou enfin en bronze; car, dans l'opération du tournage ou de l'allésage, nous remarquons que tourner ou alléser, c'est simplement fileter.

En effet, dans les vis nous avons toujours un pas de vis assez sensible à notre vue, tandis que dans le tournage ou l'allésage, à peine si le pas de vis est distinct; parce que, pour tourner ou pour alléser, et pour parvenir à faire une surface unie, nous faisons une suite de traits tellement rapprochés, que nous ne pouvons pas en distinguer la séparation. Cependant nous n'en faisons pas moins une vis dont le pas de vis est extrêmement petit; et ici, dans cette machine, ce pas de vis est de 0^m,0006 environ, pour la première passe, et de 0^m,0003 pour la seconde.

Si nous voulions obtenir les roues dentées pour produire ces pas de vis, l'emplacement du bout de l'éta-

bli ne serait pas assez grand, à moins de mettre 6 roues dentées au lieu de 4 que nous savons trouver. Pour éviter cet embarras nous employons la courroie $g' f$, (fig.2) et les roues dentées qui ne sont destinées qu'à ce travail, tourner et alléser; mais alors sur la vis r , nous fixons une roue dentée de 96 dents engrenant avec le pignon f de douze dents que porte les poulies L' . Celles-ci ont, la petite, 0^m,152 de diamètre, et la grande, 0^m,208 environ; elles sont égales à celles qui leur sont par dessus, et sont arrangées de telle sorte que la petite du haut donne le mouvement à la grande du bas, et la grande à la petite. De cette manière nous avons les rapports :

$\frac{0^m,152}{0^m,208} = \frac{19}{26}$ et $\frac{0^m,208}{0^m,152} = \frac{26}{19}$, pour les vitesses que ces poulies peuvent nous donner.

C'est toujours l'arbre T qui commande le mouvement de la vis r , et voici comment il a lieu : cet arbre en tournant entraîne la roue L de 20 dents qu'il porte, celle-ci le communique à la roue M de 60 dents qui engrène avec cette dernière, et comme la roue de 60 dents est fixée avec les deux poulies S , elle entraîne celles-ci qui donnent le mouvement, au moyen de la courroie, au deux autres poulies L' qui entraînent le pignon f de 12 dents engrenant avec la roue de 96 dents.

Le rapport du nombre des tours de la vis r à celui de l'arbre T s'obtient par le produit

$\frac{20}{60} \times \frac{29}{19} \times \frac{12}{96} = \frac{29}{456} = \frac{1}{15,72}$, pour la première pas-

se; et celui de la seconde passe par le produit

$$\frac{20}{60} \times \frac{19}{26} \times \frac{12}{96} = \frac{19}{624} = \frac{1}{32,8};$$

c'est-à-dire que dans la première passe le pas de

vis que nous faisons est le $\frac{1}{15,72}$ de celui de la mère-

vis, et dans la seconde le $\frac{1}{32,8}$; ou bien les pas de vis

sont de 0^m,00063 pour le premier, et de 0^m,0003 pour le second.

Or, comme nous savons que les pas de vis sont en raison inverse des nombres des tours que font l'arbre *T* et la mère-vis, nous voyons que celle-ci en fait 1 pendant que l'arbre en effectue 15,72, ou 32,8.

Nous remarquons d'après cela qu'une pièce à fileter peut être tournée sur cette machine, à l'aide de la courroie *g' f'*, puis être filetée au moyen des quatre roues *A, B, C* et *D*, aussi bien qu'un écrou qui y serait allésé et fileté.

Jusqu'ici nous ne nous sommes occupés que du mouvement rectiligne, que parcourt l'outil ou la matière, selon que c'est une vis ou un écrou à fileter; mais actuellement nous prenons le mouvement circulaire, que doit avoir l'arbre ou la pièce (l'arbre ou la pièce c'est la même chose, parce qu'ils sont liés par une bride *m* (fig. 1), afin que l'outil ne s'échauffe pas en travaillant, et que la machine produise à peu près le maximum de travail.

La vitesse que nous donnons ordinairement pour tourner avec l'outil fixé sur un support, est de $4^m,24$ à la minute ; c'est-à-dire que la pièce, quoiqu'elle ait un diamètre quelconque, doit toujours avoir un des points de sa surface cylindrique, qui parcourt à peu près cette longueur développée. Cela dit, si nous représentons par D le diamètre de la pièce, nous avons le nombre des tours que celle-ci fait en une minute, en divisant $4^m,24$ par $\pi \times D$, (voir *Machine à alléser*, page 15), π est égal à 3,1416.

Maintenant, pour faire faire à la pièce, le nombre des tours représentés par $\frac{4^m,24}{\pi \times D}$, nous supposons

que l'arbre moteur fasse N tours par minute, et qu'il soit muni de deux poulies : l'une de $0^m,96$ de diamètre, conduisant à l'aide d'une courroie la poulie de $0^m,240$, qui est sur le porte-système Y , et l'autre de $0^m,48$, pouvant conduire celle de $0^m,352$ qui est accouplée avec la précédente de $0^m,256$.

Ces poulies nous donnent les rapports suivants :

$\frac{0^m,960}{0^m,240} = \frac{15}{4}$ et $\frac{0^m,480}{0^m,352} = \frac{15}{11}$. Le pignon H de 16

dents, qui porte les 2 plus petites poulies précédentes, engrenant avec la roue G' de 60 dents, nous

procure le rapport $\frac{16}{60} = \frac{4}{15}$. Les trois pignons A' de

12, 18 et 24 dents pouvant engrener avec la grande roue Z de 60 dents, nous donnent les rapports qui suivent :

$$\frac{12}{60} = \frac{1}{5}, \quad \frac{18}{60} = \frac{3}{10} \text{ et } \frac{24}{60} = \frac{2}{5}.$$

En employant successivement les deux poulies et les trois pignons, nous obtenons les six rapports suivants, pour six vitesses différentes :

$$1^{\text{er}} \quad \frac{15}{4} \times \frac{4}{15} \times \frac{2}{5} = \frac{2}{5} = \frac{1}{2,5}.$$

$$2^{\text{e}} \quad \frac{15}{4} \times \frac{4}{15} \times \frac{3}{10} = \frac{3}{10} = \frac{1}{3,33}, \text{ environ.}$$

$$3^{\text{e}} \quad \frac{15}{4} \times \frac{4}{15} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{5} = \frac{1}{5}.$$

$$4^{\text{e}} \quad \frac{15}{11} \times \frac{4}{15} \times \frac{2}{5} = \frac{8}{55} = \frac{1}{6,87}, \text{ environ.}$$

$$5^{\text{e}} \quad \frac{15}{11} \times \frac{4}{15} \times \frac{3}{10} = \frac{12}{110} = \frac{1}{9,16}, \text{ environ.}$$

$$6^{\text{e}} \quad \frac{15}{11} \times \frac{4}{15} = \frac{4}{11} = \frac{4}{11}, \text{ environ.}$$

Or, comme le nombre des tours des arbres qui se communiquent le mouvement, au moyen des poulies ou des roues dentées, sont en raison inverse de leur diamètre ou de leur nombre de dents, nous voyons que le dénominateur du second membre, représente le nombre des tours que fait l'arbre moteur pendant que l'arbre *T* en fait 1. De manière que, si nous multiplions chacun de ces rapports par *N*, le nombre des tours que fait l'arbre moteur dans une minute, nous avons

$\frac{N}{A}$, pour le nombre de tours que fait l'arbre *T*, dans le même temps que l'arbre moteur en effectue *N*; nous représentons par *A*, n'importe lequel, l'un

2*

des 6 dénominateurs des seconds membres de ces six équations.

Mais l'arbre T devant aussi faire $\frac{4^m,24}{\pi \times D}$ tours par minute, nous avons donc l'équation :

$$\frac{4^m,24}{\pi \times D} = \frac{N}{A}; \text{ d'où } A = \frac{\pi \times D \times N}{4^m,24}, (3).$$

Nous pouvons, sans échauffer l'outil, supposer $\pi \times D = \sqrt{\pi^2 \times D^2 + P^2}$; car, en faisant le pas de vis P égal au diamètre D de la pièce, ce qui n'arrive pas souvent, nous n'avons que $\frac{1}{20}$ d'erreur sur la longueur, ce qui est fort peu de chose pour un calcul de cette nature. Nous savons que $\pi \times D$ est le contour du cercle de la pièce, et que $\sqrt{\pi^2 \times D^2 + P^2}$ est celui d'une spire.

Nous supposons dans ce qui va suivre que $N=50$; et nous dirons que toutes les pièces qui seront pour fileter, ayant un diamètre moindre que $0^m,065$ de diamètre, nous les ferons toujours avec le rapport $\frac{1}{2,5}$, à moins que nous fassions varier N , si cela était possible.

Nous savons que le premier membre de chacune de ces six équations qui nous font connaître les vitesses, nous donnent les poulies et les pignons qu'il faut employer suivant le rapport auquel ils correspondent.

Prenons quelques exemples sur cet autre mouvement :

4^e Ex. La vis de 0^m,025 de pas , pour un pressoir à vin , a ordinairement 0^m,12 de diamètre ; nous voulons connaître le rapport des vitesses qu'il faut employer pour la tourner et fileter. En substituant dans l'équation (3) les valeurs numériques de π , de N et de D , nous avons

$$A = \frac{3,1416 \times 0^m,12 \times 50}{4^m,20} = 4,49 ;$$

ce nombre étant très-près de 5 , nous prenons le 3^{me} rapport (page 37) ; de sorte que nous mettons la courroie sur la plus grande poulie du haut qui est sur l'arbre moteur et sur la plus petite R' (fig. 1 , 2) du bas , et nous engrenons le pignon A' de 12 dents avec la grande roue Z de 60 dents.

Nous ne parlons pas du pignon H' de 16 dents ni de la roue G' de 60 dents , parce qu'ils restent toujours engrenés.

5^e Ex. La vis d'imprimerie à 4 filets et de 0^m,08 de pas , a 0^m,08 environ de diamètre ; nous voulons savoir lequel des rapports des vitesses convient le mieux pour la fileter. En substituant dans l'équation (3) nous trouvons

$$A = \frac{3,1416 \times 0^m,08 \times 50}{4^m,24} = 2,96.$$

Ce nombre s'approchant autant de 2,5 que de 3,33 (page 37) , nous prenons l'un ou l'autre de ces deux nombres , et nous mettons la courroie de la même manière que nous avons indiquée.

6^e Ex. Nous avons à tourner et à fileter une vis de

0^m,25 de diamètre; on nous demande le rapport qu'il faut prendre, pour avoir la vitesse à peu près convenable. Nous substituons dans la formule (3) et nous avons

$$A = \frac{3,1416 \times 0,25 \times 50}{4^m,24} = 9,26.$$

Ce nombre étant très-près de 9,16 nous prenons le 5^{me} rapport (page 37).

7^e Ex. On nous donne à tourner un cylindre en fonte de 0^m,35 de diamètre, pour un laminoir à tôle, et on veut savoir le rapport des vitesses que nous employons pour le faire. En substituant dans l'équation (3) nous avons

$$A = \frac{3,1416 \times 0,35 \times 50}{4^m,24} = 12,96.$$

Ce nombre étant près de 13,75 nous prenons le 6^{me} rapport (page 37) qui nous fait connaître les poulies et le pignon à employer.

Pour l'allésage, soit pour les écrous, soit pour les corps de pompe, nous nous servons de la même formule pour trouver le rapport des vitesses, seulement le dénominateur 4^m,24 se change en 2^m,12 (*Machine à alléser*, (page 14); de sorte que la formule est :

$$A = \frac{\pi \times D \times N}{2^m,12}, (4).$$

8^e EXEMPLE. Les corps de pompe pontifex, pour les pompes à incendie de la marine, ont 0^m,142 de diamètre, nous voulons connaître les poulies et le pignon convenables pour les alléser. Nous substituons

dans cette dernière les valeurs numériques des lettres, et nous avons :

$$A = \frac{3,1416 \times 0,142 \times 50}{2^m,12} = 10,53$$

ce nombre étant assez près de 9,16 (page 37), nous prenons le 5^me rapport pour obtenir à peu près la vitesse convenable.

Ainsi, avec les formules (3 et 4) nous sommes à même de déterminer la vitesse circulaire que doit avoir la matière à couper, ou celle que doit avoir l'outil, selon que c'est une tige ou un écrou à tourner ou à alléser, pourvu que nous connaissions le diamètre de cette tige ou du trou de l'écrou, pour que nous l'introduisions dans une de ces équations.

Si parfois nous avons à alléser, sur cette machine, un corps de pompe qui aurait un diamètre d'une dimension telle, que nous ne puissions pas obtenir, avec les données que nous avons dans cette machine, la vitesse désirable, nous serions forcés de faire varier le nombre *N* des tours dans une minute que fait l'arbre moteur, pour arriver à peu près au résultat.

9^e EXEMPLE. Soit un cylindre en fonte à alléser de 0^m,36 de diamètre; en substituant dans l'équation (4), nous avons

$$A = \frac{31416 \times 0^m,36 \times 50}{2^m,12} = 26,66,$$

ce nombre nous ne le trouvons pas dans les six rapports de la page 37; et pour l'y faire arriver, nous faisons dans la formule $N=25$ au lieu de 50, et nous

trouvons $A = 13,33$ qui convient parfaitement. Nous savons que c'est au moyen de poulies que nous obtenons un pareil changement, ou en faisant marcher s'il est possible, le moteur moins vite.

Pour tourner des cylindres et pour alléser des trous d'un diamètre moindre que $0^m,06$, nous employons aussi les deux poulies X qui sont montées sur l'arbre T , lesquelles sont pareilles à celles qui sont portées par le pignon H de 16 dents; de manière que nous avons deux autres rapports de vitesse, qui sont : $\frac{15}{4} = \frac{1}{0,27}$ et $\frac{15}{11} = \frac{1}{0,73}$. En multipliant aussi ces rapports par N , nous avons $\frac{N}{B}$;

B représente l'un des deux dénominateurs. Nous savons, d'après ce qui précède, que pendant que l'arbre T fait un tour, au moyen de ces deux poulies, l'arbre moteur en effectue 0,27 ou 0,73. L'équation (4) se reproduit à peu près, et nous avons

$\frac{4^m,24}{\pi \times D} = \frac{N}{B}$, pour tourner les petites pièces, et

$\frac{2^m,12}{\pi \times D} = \frac{N}{B}$, pour alléser les petits trous;

d'où $B = \frac{\pi \times D \times N}{4^m,24}$, (5) et $B = \frac{\pi \times D \times N}{2,12}$, (6);

la valeur de B nous fait connaître celui des deux rapports $\frac{1}{0,27}$ et $\frac{1}{0,73}$ qu'il faut employer.

Si nous voulions avoir un plus grand nombre de rapports de vitesses, il faudrait placer un arbre in-

termédiaire entre l'arbre moteur et la machine à fileter. Cet arbre intermédiaire, qui donnerait, au moyen de poulies, le mouvement à cette dernière, serait commandé par l'arbre moteur qui porterait six poulies à courroie de différents diamètres, et qui seraient réunies dans le même morceau de matière; lesquelles poulies en commanderaient de pareilles qui seraient fixées sur le premier arbre; de manière que la plus petite correspondrait à la plus grande, et ainsi de suite. Or, comme nous pouvons déjà obtenir pour l'arbre *T* huit vitesses différentes, il est évident, qu'à l'aide de cet arbre intermédiaire et de ces six autres poulies, nous obtiendrions 48 vitesses différentes.

Le travail moteur, pour faire fonctionner cette machine à fileter, que nous appliquons sur une des poulies qui commandent, est variable entre le travail de un à trois hommes agissant sur une manivelle; ce travail correspond à 6 et 18 kilogrammètres par seconde. Nous concevons très-bien que la vitesse circulaire de la pièce ou de l'outil étant la même pour toutes les grosseurs, la résistance variera suivant la largeur de l'outil. En effet, ce dernier étant subordonné aux conditions que nous prenons pour la construction de la vis, et par cette raison, celle-ci ayant un pas de vis plus ou moins grand, il s'ensuit que l'outil sera plus ou moins large, et la résistance sera variable.

L'outil en coupant le fer, ou l'acier ou enfin le

cuivre rouge, doit être constamment en contact avec de l'eau ou avec de l'huile. Cet outil est toujours en acier fondu, nous le trempions à la volée et nous le faisons recuire à la couleur d'or, 250° centigrades.

Pour compléter l'instruction sur la machine à fileter, nous donnerons les moyens pour calculer l'effort qu'une vis peut faire (c'est-à-dire son noyau), le nombre des tours du filet que doit porter l'écrou pour résister à cet effort, et enfin le rapport du travail de la résistance à celui de la puissance, en y comprenant les frottements, qui sont toujours très-grands dans les vis.

L'expérience nous apprend tous les jours que dans la vis l'usure est très-grande, quand les écrous qui font de grands efforts, n'avaient pas au moins 6 tours de filet; et cela parce que le travail détruit par les frottements, est double du travail utile de la résistance pour la vis à filets carrés, et presque triple du même travail, pour la vis à filet angulaire.

Il en résulte que, lorsqu'il y a un plus grand nombre de tours du filet, le frottement est réparti sur une plus grande surface; et la pression est moins grande sur l'unité de superficie. C'est ainsi par exemple que, si l'écrou avait quatre tours du filet, et qu'il fut chargé de 5000 kilogrammes, nous réduirions de moitié la pression sur l'unité de surface prise sur le filet, en donnant à l'écrou huit tours de ce même filet; et cela est évident, puisque nous savons que l'étendue des surfaces planes n'augmente

ni ne diminue les frottements ; mais que la pression d'un même corps sur l'unité de superficie , laquelle pression est proportionnelle à ces derniers, diminue ou augmente dans le rapport inverse de ces surfaces. Nous pouvons exprimer cela d'une autre manière, et dire que les aires sont inversement proportionnelles aux pressions de ce corps.

Ainsi $8 : 4 :: 5000^k : 2500^k$;

d'où $8 \times 2500 = 4 \times 5000$; ce qui nous fait voir que la pression des 5000 kil. sur les quatre tours du filet, se réduit à 2500 kil. quand nous en mettrons huit.

Cette condition , dans la pratique , qui consiste à réduire dans la vis la pression sur l'unité de surface, doit être strictement observée ; car sans cela nous nous exposerions d'un moment à l'autre , à voir en très-peu de temps le filet de l'écrou tout usé , pendant que des hommes sont destinés à travailler sous la charge que la vis tient suspendue. Alors quelquefois le tout s'écroule , et cela est arrivé dans les ateliers et dans les usines qui emploient des vis pour lever des fardeaux.

Nous avons encore remarqué , dans des expériences faites sur des petites vis à filets angulaires de 0^m,020 environ de diamètre , que , quand l'écrou avait six tours du filet d'un pas convenable , l'écrou, dans l'effort de traction , casse la tige sans que le filet cède. Ainsi donc , dans les constructions que nous ferons , nous donnerons à l'écrou au moins six

tours du filet. Le noyau d'une vis en fer ne doit pas supporter, d'après M. Morin, un effort de plus de 2,8 k par millimètre carré de la section transversale; ce qui est la même chose en disant qu'un mètre carré de fer, employé à faire des vis, ne doit supporter au plus qu'un poids de 2800000 kilog. Nous concevons facilement cette diminution dans la résistance du fer, en observant avec attention que dans la vis la torsion est très-considérable attendu que la vis est souvent très-longue, et que le frottement, en agissant à une certaine distance de l'axe de la vis, a tendance à la tordre, ce qui est arrivé quelquefois. De manière que, si nous représentons par P la charge ou le poids en kilogrammes que la vis doit lever ou comprimer, nous avons $2k,8 \times \pi \times r^2 = P$; d'où $r = 0,336 \sqrt{P}$, (7), r est le rayon en millimètres du noyau de la vis, et $\pi \times r^2$ sa surface.

Soit une vis qui ait à lever 10000 kil., nous aurons son rayon r en substituant à P sa valeur; ce qui nous donne $r = 0,336 \sqrt{10000} = 33,6$ millimètres, ou 0^m,034 environ.

Le poids P , que doit supporter le noyau, étant le même que celui que doivent recevoir les six tours du filet de l'écrou, il faut donc que ce dernier soit assez fort pour remplir cette condition. Or, comme la hauteur du filet est égale à la moitié du pas, ou au pas tout entier, selon que la vis a le filet carré ou angulaire, nous voyons clairement qu'il est conve-

nable de déterminer le pas de vis d'après le poids à lever ou à comprimer. Mais pour y parvenir nous avons besoin du coefficient (de traction ou de compression) $T = 2,8 \text{ kils.}$ ou $T = 2800000 \text{ kils.}$, selon que la surface est donnée en millimètres carrés ou en mètres carrés, ce nombre est donné par M. Morin pour les noyaux des vis seulement; et du coefficient R de flexion pour lequel nous aurons sa valeur numérique un peu plus loin.

La vis et l'écrou étant en matières différentes, et quand même elles seraient homogènes, les efforts étant l'un de traction pour le noyau, et l'autre de flexion pour le filet, les coefficients seront aussi différents; de sorte que nous déterminerons deux équations en fonction de la charge P , (que nous aurons soin d'éliminer), l'une pour le noyau et l'autre pour le filet de l'écrou. L'équation de l'effort du noyau est $P = \pi \times r^2 \times T$, (8), en mètre et en kilogrammes; celle des six tours du filet est un peu moins simple.

Le rayon du noyau de la vis étant r , celui du trou de l'écrou, en supposant le filet arraché, est $r + \frac{p}{2}$, puisque la saillie du filet s'ajoute au noyau. Un tour de ce filet est donc égal à $2 \times \pi \times \left(r + \frac{p}{2} \right)$, et les six tours à $12 \times \pi \times \left(r + \frac{p}{2} \right)$. Nous pouvons considérer cette dernière quantité comme représentant la largeur d'une pièce de métal, qui serait solidement encastree suivant le sens de sa largeur. La hauteur

du filet est $\frac{p}{2}$, et sa saillie, en partant du milieu du filet où nous supposons la charge répartie, est $\frac{p}{4}$; de sorte que, d'après la formule $P = \frac{R \times a \times b^2}{6 \times L}$, (9), donnée par le savant M. Poncelet, nous avons

$$P = \frac{12 \times \pi \times R \left(r + \frac{p}{2} \right) \times \left(\frac{p}{2} \right)^2}{6 \times \frac{p}{4}}.$$

Cette formule (9) nous fait trouver le poids P que peut supporter une barre rectangulaire en métal, dont a est la largeur, b l'épaisseur, L la longueur, et R le coefficient de résistance à la flexion de ce métal.

En effectuant les opérations indiquées, nous trouvons :

$$P = \frac{\frac{12}{4} \pi \times R \times (p^2 + \frac{p^3}{2})}{\frac{6}{4} \times p} =$$

$$\frac{\frac{12}{8} \times \pi \times R (2 \times r \times p^2 + p^3)}{\frac{6}{4} \times p} = \pi \times R (2 \times r \times p + p^2);$$

puis, en substituant dans celle-ci la valeur de P donnée par l'équation (8), nous avons l'égalité :

$$\pi \times R (p^2 + 2 \times r \times p) = \pi \times T \times r^2.$$

Cette équation est du second degré, en y supprimant le facteur commun, et en divisant les deux membres par R , nous avons $p^2 + 2 \times r \times p = \frac{T}{R} \times r^2$; ajoutant aux deux membres le carré de la moitié du coefficient de p , nous avons l'équation :

$$p^2 + 2 \times r \times p + r^2 = \frac{T}{R} \times r^2 + r^2, \text{ dans laquelle le}$$

premier membre est un carré parfait. Ensuite, extrayant la racine, nous avons

$$p + r = \sqrt{\frac{T}{R} \times r^2 + r^2} = r \sqrt{\frac{T}{R} + 1};$$

et en transportant il vient :

$$p = r \sqrt{\frac{T}{R} + 1} - r, (10).$$

Ainsi, le pas p d'une vis en fer est égal à la racine carrée de la somme du quotient des deux coefficients et de l'unité, multipliée par le rayon du noyau, et ce produit, diminué de ce même rayon.

Le filet d'une vis et celui d'un écrou se trouvant dans les mêmes conditions que les dents d'une roue dentée, (c'est-à-dire que la flexion de ces parties de la machine pendant le travail, doit être la moindre possible), nous avons pris une barre de fer carré de moyenne qualité, que nous avons fixée solidement dans les mords d'un étau ; laquelle barre avait 0^m,55 de longueur à la partie expérimentée, sur 0^m,015 de côté. Nous lui avons fait subir plusieurs expériences consécutives, depuis 1 kilog. jusqu'à 35 kilogrammes, placés sur son extrémité libre ; entre autres expériences nous avons pris celle du poids de 10 kilog. pour déterminer le coefficient R , au moyen de la formule (9) précitée, lequel poids n'a fait produire à la barre qu'une flexion de 0^m,005 ; tandis qu'elle a supporté (le maximum) 25 kilog., qui ont produit une flexion de 0^m,017 sans altérer l'élasticité du métal ; c'est-à-dire qu'après que le poids de 25 kilg.

a été retiré, la barre est revenue parfaitement dans son premier état.

Nous avons aussi opéré sur de pareilles barres en bronze et en laiton, et nous avons reconnu que la résistance à la flexion du bronze est à celle du fer comme 3 : 5, environ; et que celle du laiton est à celle du fer comme 1 : 2; de manière que, le coefficient du fer ayant été trouvé de 3800000 environ, nous avons celui du bronze par la proportion

$$x : 3800000 :: 3 : 5;$$

$$\text{d'où } x = \frac{3 \times 3800000}{5} = 2280000, \text{ et pour celui}$$

$$\text{du laiton } x : 3800000 :: 1 : 2,$$

$$\text{d'où } x = \frac{3800000}{2} = 1900000.$$

Ainsi, pour les noyaux des vis en fer ou en acier, nous avons

$$T = 2800000,$$

et pour le filet des écrous en fer

$$R = 3800000;$$

pour celui des écrous en bronze

$$R = 2280000,$$

et pour celui des écrous en laiton

$$R = 1900000.$$

Les expériences sur le bronze et sur le laiton ont été faites sur des barres coulées et sans être martelées; c'est dans ces conditions que ces deux métaux sont le plus souvent employés en mécanique. Ces coefficients conviennent aussi pour les dents des roues dentées qui seraient confectionnées avec ces métaux.

En déterminant la valeur numérique des trois quo-

tients des coefficients, nous avons

$$\frac{T}{R} = \frac{2800000}{3800000} = 0,736, \quad \frac{T}{R} = \frac{2800000}{2280000} = 1,228,$$

et $\frac{T}{R} = \frac{2800000}{1900000} = 1,473$; et en substituant successivement dans l'équation (10), nous avons, pour les trois pas de vis à filet carré :

$$p = r\sqrt{0,736 + 1} - r = 0,317 \times r, \quad (11), \text{ pour un écrou en fer ;}$$

$$p = r\sqrt{1,228 + 1} - r = 0,49 \times r, \quad (12), \text{ pour un écrou en bronze, et}$$

$$p = r\sqrt{1,473 + 1} - r = 0,576 \times r, \quad (13), \text{ pour un écrou en laiton.}$$

Pour la vis de 0^m,034 de rayon au noyau, qui fait un effort de 10000 kilog. ayant un écrou en bronze, nous trouvons son pas de vis p au moyen de la formule (12), dans laquelle en substituant la valeur de r le rayon, nous avons

$$p = 0,49 \times 0^m,034 = 0^m,0166 \text{ environ.}$$

9^e EXEMPLE. On nous demande le rayon du noyau et le pas d'une vis en fer à filet carré, qui doit faire un effort de compression de 40000 kilog. portant un écrou en laiton; il s'agit de trouver le rayon de son noyau et son pas de vis pour la construire. Nous substituons dans la formule (7) et dans celle (13), et nous avons pour le rayon :

$$r = 0,336 \times \sqrt{40000} = 67 \text{ millimètres environ, et pour le pas } p = 0,57 \times 0^m,067 = 0^m,038.$$

10^e EXEMPLE. Nous avons une vis en fer à filet carré, qui doit lever un poids de 22000 kilog. au moyen d'un écrou en bronze. En substituant ce poids dans la formule (7), nous avons :

$r = 0,336 \sqrt{2200} = 50$ millimètres environ ; puis remplaçant r par sa valeur $0^m,050$ dans la formule (12), nous trouvons $p = 0,49 \times 0^m,050 = 0^m,0245$.

Aux vis qui doivent supporter une charge moindre que 1000 kilog., nous ajouterons $\frac{1}{2}$ millimètre, (égale 0,5 de millimètre) au rayon de son noyau par 100 kilog. de moins que pèsera le poids à lever pour égaler 1000 kilog. ; de manière que la formule (7) des grosses vis est modifiée et devient :

$r = 0,336 \sqrt{P + q}$, (14), q est le nombre de millimètres qu'il faut ajouter au rayon pour que la vis puisse résister au travail du filetage.

11^e EXEMPLE. Si P égalait 900 kilog., nous aurions $r = 0,336 \sqrt{900} + 0,5$; de même, s'il était égal à 500 kilog. nous trouverions $r = 0,336 \sqrt{500} + 2,6$, et enfin, si P n'était égal qu'à 100 kilog. (ce sera le minimum du poids que l'on puisse prendre pour calculer une vis) nous aurions :

$r = 0,336 \sqrt{100} + 4,5 = 7,86 = 0^m,008$ environ. Le pas d'une pareille vis serait, en substituant dans la formule (11) :

$p = 0,317 \times 0^m,008 = 0^m,002536 = 0^m,003$ environ, l'écrou serait en fer.

Quand le rayon du noyau et le pas de la vis sont trouvés, il est facile d'obtenir le diamètre extérieur que celle-ci doit avoir après être tournée; car, le pas étant connu, seulement pour le filet carré, nous n'avons, que la saillie du filet à ajouter de chaque côté du diamètre du noyau de la vis; or, cette saillie pour un côté est égale à $\frac{p}{2}$, et pour les deux à $2 \times \frac{p}{2} = p$; donc en ajoutant le pas au double du rayon du noyau nous avons le diamètre extérieur d'une vis à filet carré, ce qui nous donne $2 \times r + p$.

Pour augmenter la durée des écrous qui sont destinés à faire des grands efforts, bien que nous ayons calculé le pas de vis avec six tours de filet, nous mettrons toujours huit tours de filet dans l'écrou; c'est ce que nous mettons à ceux des vis de presseoir que nous construisons à l'école, et pour lesquels nous n'avons jamais su qu'un écrou ait failli.

L'épaisseur que nous donnons à l'enveloppe cylindrique du filet est les $\frac{2}{3}$ du pas de l'écrou, ou $\frac{2 \times p}{3}$. Ainsi pour l'écrou en laiton de la vis qui doit porter 40000 kilog., nous avons $\frac{2 \times 0^m,037}{3} = 0^m,0246$ pour son épaisseur dans le sens du rayon. Ces forts écrous sont garnis sur l'extérieur de l'enveloppe de quatre nervures au moyen desquelles nous y donnons le mouvement de rotation pour le faire agir sur la vis (fig. 21).

En appliquant le même raisonnement ; que nous avons fait sur la résistance du filet carré, sur le filet angulaire, et si nous faisons en sorte d'avoir un pas convenable (comme celui qui est employé dans les ateliers pour confectionner les boulons à écrous), qui soit entre les 0,25 et 0,30 du noyau de la vis, nous trouvons l'équation :

$$\frac{6 \cdot \pi \cdot R(r + p)p^2}{6 \cdot \frac{p}{2}} = \pi \cdot T \cdot r^2, \text{ de laquelle nous tirons:}$$

$$p = \frac{r}{2} \sqrt{2 \times \frac{T}{R} + 1} - \frac{r}{2}, (14).$$

Dans cette formule nous ne pouvons avoir dans l'écrou que trois tours de filet, qui résisteraient certainement à l'effort que le noyau est capable de supporter, si le filet angulaire d'une vis se déchirait à sa racine comme le fait le filet carré. Mais l'expérience nous prouve tous les jours que le filet angulaire d'une vis ou d'un écrou, qui fatigue beaucoup et qui est souvent desserré, ne se déchire jamais à sa racine, soit dans l'écrou, soit sur la vis, comme cela a lieu généralement pour le filet carré ; et même que ce filet angulaire ne fait que s'user de la pointe vers le milieu de la saillie, où nous supposons toujours la charge P uniformément répartie, et finit par cette raison par se coucher tant dans l'écrou que sur la vis ; de sorte qu'au moindre effort qu'il s'agisse de faire, l'écrou et la vis se séparent sans cependant

qu'il y ait eu déchirure dans le filet. Ce n'est donc pas à la naissance du filet qu'il faut mettre de l'épaisseur : c'est au milieu de la saillie que nous devons la concevoir.

Or, à cette partie, l'épaisseur du filet est moitié de celle qu'il a à sa base ou à sa racine ; donc il faut au moins la doubler ou mettre pour le moins six tours de filet dans l'écrou, au lieu d'en mettre trois, et cela sans modifier notre formule. Et pour nous conformer à la règle pratique employée par tous les constructeurs de machines, laquelle donne aux écrous en fer au moins l'épaisseur de la tige à la partie taraudée, nous multiplierons le pas par 8 ou par 10 pour avoir l'épaisseur des écrous qui sont constamment employés dans les constructions : la première épaisseur $8 \times p$, pour les écrous qui ne sont pas souvent dévissés, et la deuxième $10 \times p$, pour ceux qui fatiguent beaucoup et qui sont fréquemment desserrés.

Nous savons que dans le filet angulaire la hauteur de la base du filet est égale à p ; que sa saillie sur le noyau est aussi égale à p , puisque nous donnons toujours à la profondeur du creux la dimension du pas ; et enfin, d'après cela, que le rayon du trou de l'écrou sans le filet est égal à $r + p$. C'est avec ces considérations, et à l'aide du même raisonnement que nous avons fait sur le filet carré, que nous obtenons l'équation (14). En substituant dans celle-ci les trois quotients numériques des coefficients que nous

connaissions, nous trouvons, pour le pas des écrous à filet angulaire, les trois équations :

$$p = \frac{r}{2} \sqrt{2 \times 0,736 + 1} - \frac{r}{2} = 0,28 \times r, (15),$$

pour un écrou en fer,

$$p = \frac{r}{2} \sqrt{2 \times 1,228 + 1} - \frac{r}{2} = 0,43 \times r, (16),$$

pour un écrou en bronze ;

$$\text{et } p = \frac{r}{2} \sqrt{2 \times 1,473 + 1} - \frac{r}{2} = 0,49 \times r, (17),$$

pour un écrou en laiton.

Le diamètre extérieur d'une vis à filet angulaire, en se rappelant que la saillie du filet sur le noyau est p , est égal au double du noyau r augmenté de deux fois le pas ; ce qui nous donne $2.r + 2.p$, pour ce diamètre. Dans les boulons à écrous nous donnerons toujours 0^m,001 de plus au diamètre de la partie de derrière qui n'est pas filetée.

12° EXEMPLE. Nous avons besoin de plusieurs boulons à écrous, qui doivent entrer dans des trous de 0^m,025 de diamètre pour réunir plusieurs pièces de fer, et nous désirons connaître le pas de vis et le rayon du noyau. Nous avons d'abord 0^m,025 faible pour la partie de derrière du boulon, puis 0^m,025—0^m,001=0^m,024 pour l'extérieur de la partie filetée ; et comme cette partie est égale à $2.r + 2.p$, nous avons 0^m,024 = $2.r + 2.p$, ou 0^m,012 = $r + p$. Mais

nous savons que $p = 0,28 \times r$, formule (15) pour le fer, et en substituant nous trouvons

$$0^m,012 = r + 0,28 \times r;$$

d'où $r = \frac{0^m,012}{1,28} = 0^m,0093$; et le pas est égal à $0^m,012 - 0^m,0093 = 0^m,0027$. Les écrous n'étant pas souvent dévissés, nous avons pour leur épaisseur : $8 \times 0^m,0027 = 0^m,0216$.

Si ces boulons devaient être filetés sur la machine, nous chercherions au moyen de la formule (2) les quatre roues qui conviendraient pour obtenir ce pas.

13° EXEMPLE. Nous voulons arrêter sur sa tige en fer, au moyen d'un écrou de même matière, le piston d'une machine à vapeur, comme le fait M. Mauslay dans ces constructions; le trou conique du piston, où se loge la tige, a $0^m,1$ de diamètre à la petite base; nous désirons en déterminer le pas et le rayon du noyau. D'après ce qui précède nous avons d'abord $0^m,100 - 0^m,001 = 0^m,099 = 2.p + 2.r$, ou $0^m,0495 = r + p$; puis en substituant nous obtenons

$$0^m,0495 = r + 0,28 \times r, \text{ d'où } r = \frac{0^m,0495}{1,28} = 0^m,0387, \text{ et}$$

$$p = 0^m,0495 - 0^m,0387 = 0^m,0108.$$

L'écrou n'étant pas souvent desserré, nous avons pour son épaisseur $8 \times 0^m,0108 = 0^m,0864$.

Nous déterminons, non compris le filet, l'épaisseur des écrous dans le sens du rayon, en la faisant au moins égale à deux fois le pas; de sorte que le

diamètre du cercle inscrit au polygone régulier, qui termine les côtés de l'écrou, est égal à $2 \cdot r + 2 \cdot p + 4 \cdot p = 2(r + 3 \times p)$. Ainsi les écrous de l'exemple (12) auraient $2(0^m,0093 + 3 \times 0^m,0027) = 0^m,0328 = 0^m,033$ environ au *maximum*, pour le diamètre du cercle inscrit à l'hexagone régulier; les écrous seraient à six pans.

Quand l'écrou à pans est fileté ou taraudé, il faut que nous le tournions sur un mandrin aussi fileté, afin que la face inférieure de l'écrou ne porte pas à faux (ce qui aurait tendance à casser la tige en serrant ce dernier), et que les sommets des angles et les côtés du polygone soient à égale distance du centre. Mais, pour obtenir facilement ces conditions, il est convenable que nous connaissions le diamètre du cercle circonscrit au polygone régulier; lequel doit nous guider pour terminer les côtés des écrous, en les limant sur la partie tournée qui est naturellement concentrique; et c'est par cette raison que nous donnons les formules suivantes, qui nous font trouver le rayon R du cercle circonscrit, ou le rayon r' du rayon du cercle inscrit à un polygone régulier quelconque, pourvu que nous remplacions un des rayons par sa valeur numérique :

Nombre de côtés ou pans.

3	$R = 2 \times r'$
4	$R = 1,4142136 \times r'$
5	$R = 1,236067 \times r'$
6	$R = 1,15470 \times r'$
7	$R = 1,1098155 \times r'$
8	$R = 1,082389 \times r'$
9	$R = 1,0641778 \times r'$
10	$R = 1,051462 \times r'$
12	$R = 1,035276 \times r'$
14	$R = 1,0257171 \times r'$
16	$R = 1,01959 \times r'$

Ces formules, nous les trouvons au moyen de la figure (11). En effet, soit cb la corde ou le côté d'un polygone régulier quelconque, sur son milieu tirons le rayon os , que nous égalons à R , puis menons $bo=os=R$, et nous avons un triangle rectangle en e ; nous faisons $eo=r'$ le rayon du cercle inscrit.

Ce triangle nous donne d'abord $\overline{bo}^2 = \overline{be}^2 + \overline{oe}^2$, ou $R^2 = y^2 + r'^2$, (18), en égalant oe à y ; puis : $oe : os :: be : \text{tang. } boe$, et en prenant le rayon des tables égal à 1, nous avons $r' : 1 :: y : a$, a est la tangente de l'angle boe ; d'où $y = r' \times a$. Elevons les deux membres au carré, et substituons la valeur de y^2 dans celle de l'hypothénuse, nous avons d'abord $y^2 = r'^2 \times a^2$, ensuite $R^2 = r'^2 + r'^2 \times a^2 = r'^2 (1 + a^2)$. Extrayons la racine carrée, nous trouvons $R = r' \sqrt{1 + a^2}$. Maintenant en remplaçant successivement a^2 par sa valeur numérique : le carré de la tangente de la moitié de l'angle, qui est sous-tendu par un des côtés du polygone régulier, et en extrayant la racine, nous trouvons les formules qui précèdent, pour la valeur de l'un des rayons quand nous connaissons l'autre.

14^e EXEMPLE. Prenons actuellement les écrous pour lesquels nous avons trouvé 0^m,033 pour le diamètre du cercle inscrit, et substituons ce dernier dans la formule de l'hexagone, nous avons $R = 1,15470 \times 0^m,033 = 0^m,038$ pour le diamètre du cercle circonscrit; nous pouvons donc tourner les écrous à cette dimension, et après nous les mettrons à six pans.

Ces formules servent aussi à nous faire connaître la corde, ou la plus courte distance qui existe entre deux points, également distants du centre, pris sur deux rayons consécutifs, d'une roue hydraulique, ou d'une roue de bateau à vapeur. Il est quelquefois utile de déterminer cette distance, quand on fait le montage d'une roue hydraulique, parce que nous plaçons d'abord les rayons sur les moyeux, puis les couronnes sur ceux-là.

Or, comme ces dernières sont composées de plusieurs parties égales, il faut, pour les placer, que la distance d'un rayon à l'autre soit la même partout, en supposant toujours ces derniers de même longueur; et c'est dans ce cas que nous déterminons la corde de l'arc, qu'il n'est pas toujours facile de tracer rigoureusement de grandeur naturelle, surtout quand les roues ont de 5 à 6 mètres de diamètre. Mais pour y parvenir nous substituons, quand nous connaissons les valeurs numériques des deux rayons, les carrés de ces valeurs à la place de R^2 et de r^2 dans la formule (18), et nous tirons de celle-ci :

$y = \sqrt{R^2 - r^2}$, qui est la demi-corde, en la doublant nous avons le côté du polygone régulier.

Pour compléter les renseignements sur la vis, nous donnerons les conditions d'équilibre, entre le travail de la puissance et celui de la résistance, en y comprenant le travail du frottement du filet, celui du pivot de la vis, et celui de la surface frottante de l'écrou.

Dans ce qui va suivre nous consulterons souvent le cours de mécanique industrielle que le savant M. Poncelet a professé aux habitants de Metz.

D'ailleurs, dans tout ce nous faisons en mécanique, nous ne pouvons guère nous dispenser de nous servir des savantes idées dont cet illustre académicien a enrichi cette science.

Soit AB (fig. 6) la vis sur laquelle nous opérons, et qui est construite dans les conditions que nous avons données plus haut ; R la longueur du bras de levier $p q$ qui est fixé sur la vis ou sur l'écrou, à l'extrémité duquel bras nous faisons un effort F dans une direction perpendiculaire à $p q$; R' la distance rs perpendiculaire à l'axe de la vis, prise entre deux points qui sont placés l'un sur cet axe et l'autre sur l'hélice moyenne, qui divise la saillie du filet en deux parties égales, et au bout de cette distance rs , que nous supposons inflexible, nous appliquons un autre effort F' aussi de direction perpendiculaire, mais de sens contraire à la première ; lequel effort doit faire équilibre au premier qui agit sur le grand bras $p q$.

Les deux bras de levier agissant sur le même axe AB , il est évident que nous avons $F : F' :: R' : R$; car la statique nous a enseigné que les longueurs des bras d'un levier sont en raison inverse des efforts qu'elles font. De cette proportion nous tirons :

$$\frac{F}{F'} = \frac{R'}{R}, (19).$$

Maintenant, comme les bras du levier tournent au tour de l'axe AB , rappelons-nous que la Géométrie nous a appris que les contours des cercles étaient proportionnels à leurs rayons ; ce qui nous donne $R' : R :: 2 \pi R' : 2 \pi R$; d'où

$$\frac{R'}{R} = \frac{2 \pi R'}{2 \pi R}.$$

Substituons le second membre dans l'équation (19), et nous trouvons : $\frac{F}{F'} = \frac{2 \pi R'}{2 \pi R}$, puis multiplions les deux membres par $2 \pi R \cdot F'$, et nous avons $2 \pi R \cdot F = 2 \pi R' \cdot F'$; ce qui nous fait voir que le travail de l'effort F , dans le même temps, est égal à celui de l'effort F' ; car, $2 \pi R'$ est le chemin parcouru par ce dernier dans un tour de la vis, et $2 \pi R$ est celui qui est décrit par le premier aussi dans un tour.

Un tour du filet de la vis pouvant être aussi engendré par un plan incliné flexible qui s'enroulerait autour d'un cylindre, en conservant toujours la même inclinaison par rapport au plan de la base de ce dernier, nous pouvons donc sans difficulté, développer un tour du filet de la vis, et nous obtenons le plan incliné ABC (fig. 12).

De cette manière nous pouvons prendre AC pour le contour du cercle moyen de la vis, lequel est égal à $2 \pi R'$; puis, BC pour la hauteur du pas de la vis, que nous égalons toujours à p ; et enfin, AB pour le contour développé d'un tour de l'hélice moyenne.

D'après cela, nous voyons que la vis peut être représentée par un plan incliné, et réciproquement ce dernier peut l'être par la vis, de sorte que les conditions d'équilibre qui conviennent à l'un, pour un corps a placé sur la surface rampante du filet, conviennent parfaitement à l'autre pour le même corps placé sur le plan incliné. De cette manière, ce que nous disons pour ce dernier s'applique exactement à la vis, et nous pouvons, au moyen de cette transformation, donner facilement le travail de la vis en y comprenant les frottements.

La pression du corps a , du poids Q sur le plan incliné, étant comme une force qui tirerait le corps perpendiculairement à AC (fig. 43), se décompose suivant le parallélogramme des forces en deux forces q' et q : la première est parallèle au plan, et la seconde lui est perpendiculaire. Cela posé, nous voyons facilement que la première q' , n'appuyant point sur le plan AB , ne donne lieu à aucun frottement, et que la seconde q qui lui est perpendiculaire donne lieu à un frottement qui est représenté par la force $S \times q$, S est le coefficient du frottement.

En effet, q exprimant en kilogrammes la pression perpendiculaire exercée par le poids Q sur le plan incliné, et S représentant le quotient que l'on obtient en divisant la force n , (qu'il faut pour vaincre cette pression en tirant dans le sens du plan AB), par le poids q , nous avons $S = \frac{n}{q}$, n est variable suivant

les substances en contact et suivant le degré d'onduosité qu'elles ont, par conséquent S est aussi variable; d'où $n = S \times q$. Ce qui nous fait voir que cette dernière valeur est bien la force qui doit vaincre le frottement occasionné par le corps Q . Ces deux composantes qui empêchent le corps a de monter, sont donc q' et $S \times q$.

La force F' (fig. 14) appliquée au point a (centre de gravité du corps), en tirant parallèlement à la base AC , ou suivant une direction oblique à celle que doit avoir le corps, se décompose aussi en deux forces f' et f ; la première tire parallèlement au plan, et la seconde le pressant perpendiculairement donne lieu à un frottement de même nature que le précédent; de sorte que les composantes, dont l'une empêche le corps de monter, et l'autre tend à le faire arriver au haut du plan, sont $S \times f$ et f' .

Maintenant si nous remarquons ce qu'il arrive quand ces quatre forces agissent en même temps sur le corps a , nous voyons que la force q' (fig. 15) tend à le faire descendre, que les force $S \times q$ et $S \times f$ s'opposent toutes deux au mouvement, par conséquent elles s'ajoutent à la précédente, et qu'il n'y a que la force f' qui tire le corps au haut du plan incliné. Il faut donc, pour qu'il y ait équilibre, que celle-ci soit égale à la somme des trois autres, nous avons donc : $f' = S \times f + S \times q + q'$, (20). Mais les triangles semblables BCA et bca (fig. 13) nous donnent

$$ac : AC :: ab : AB, \text{ et } bc : BC :: ab : AB;$$

ou bien, d'après ce que nous apprend la statique : que les côtés du parallélogramme représentent en grandeur et en direction les forces qui le composent, nous avons, en substituant :

$q : 2 . \pi . R' :: Q : AB$, et $q' : p :: Q : AB$; d'où nous tirons:

$$q = \frac{2 . \pi . R' . Q}{AB}, \text{ et } q' = \frac{p . Q}{AB}, (21).$$

De même les triangles BCA et $b'c'a$ (fig. 14) étant aussi semblables, nous donnent : $ac' : AC :: ab' : AB$, et $c'b' : BC :: ab' : AB$; ou bien, par les mêmes raisons que nous venons de donner, nous avons : $f' : 2 . \pi . R' :: F' : AB$, et $f : p :: F' : AB$; d'où nous obtenons :

$$f' = \frac{2 . \pi . R' . F'}{AB}, \text{ et } f = \frac{p . F'}{AB}, (22).$$

Actuellement substituons ces quatre valeurs algébriques, (21 et 22), dans l'équation (20), et nous trouvons :

$$\frac{2 . \pi . R' . F'}{AB} = \frac{p . F' . S}{AB} + \frac{2 . \pi . R' . Q . S}{AB} + \frac{p . Q}{AB},$$

puis, en chassant les dénominateurs et en mettant en facteur commun, nous avons :

$$F' (2 . \pi . R' - S . p) = Q (p + 2 . \pi . R' . S);$$

d'où $F' = Q \left(\frac{p + 2 . \pi . R' . S}{2 . \pi . R' - S . p} \right)$. Ensuite, multiplions

les deux membres par $2 . \pi . R'$, le chemin que parcourt la force F' en faisant un tour de la vis, nous avons

$$2 . \pi . R' . F' = Q \left(\frac{2 . \pi . R' . p + 4 . \pi^2 . R'^2 . S}{2 . \pi . R' - S . p} \right) (23).$$

Effectuons la division dans le second membre, et mettons le reste sous la forme de fraction, nous obtenons :

$$2 \times \pi \times R' \times F = Q \times p + Q \times S \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right);$$

nous arrivons au même résultat en ajoutant et en retranchant en même temps $S \times p^2$ au numérateur de la formule (23). Cela fait, remplaçons $2 \times \pi \times R' \times F$ par son égal $2 \times \pi \times R \times F$, et nous obtenons en définitive : $2 \times \pi \times R \times F =$

$$Q \times p + Q \times S \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right) \quad (24).$$

Le premier membre est le travail de la puissance, le premier terme du second membre est celui de la résistance, et le second terme est le travail du frottement. Cette formule nous fait voir que le travail $2 \times \pi \times R \times F$, pour élever le poids Q à la hauteur GB (fig. 12) du plan incliné, ou pour le faire monter de la hauteur du pas p de la vis, en tournant autour de celle-ci, est plus grand de toute la quantité :

$$Q \times S \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right), \quad (25),$$

qu'il faut pour vaincre les frottements; car si ceux-ci n'existaient pas, nous aurions $2 \times \pi \times R \times F = p \times Q$.

Nous remarquons que le numérateur de l'expression du frottement croît beaucoup plus rapidement que le dénominateur, quand nous faisons augmenter $2 \times \pi \times R'$, c'est-à-dire la circonférence ou le rayon de l'hélice moyenne. D'après cela, quand nous cons-

truirons des vis, nous devons toujours donner à leur noyau le plus petit rayon possible, sans cependant compromettre sa solidité.

Pour le frottement sur le filet triangulaire d'une vis, le calcul s'obtient par des considérations bien plus difficiles que celles qui nous ont servi pour la vis à filet carré, et sans entrer dans un calcul très-long, nous remarquons 1^o, en ne considérant seulement que le profil du filet (fig. 16), et d'après le résultat que nous trouvons dans la mécanique indus-

trielle, que le frottement $S \times Q \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R^2}{2 \times \pi \times R - S \times p} \right)$

d'un corps, du poids Q qui est placé sur le filet, se maintient dans cet état tant que ab reste perpendiculaire à ad ; ce qui a toujours lieu pour la vis à filet carré; 2^o qu'aussitôt que ab n'est plus dans cette position, le corps se tient sur la pente du filet, pour une position quelconque de ab qui devient ac , qu'à l'aide d'une augmentation de force dans la puissance, parce que le frottement augmente; 3^o enfin, que celui-ci augmente de la même manière que le sinus de l'angle cad diminué, ces deux quantités sont donc en raison inverse.

D'après cela, si nous divisons le frottement (formule 25) qui a lieu sur le filet carré par le sinus a , de l'angle qui est formé par la génératrice ad du noyau et par celle ac du filet, nous avons pour toutes les positions que nous pouvons faire prendre à ac

par rapport à ad :

$$\frac{S}{\sin . a} \times Q \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right),$$

pour le travail du frottement du poids Q qui s'opère sur le filet triangulaire d'une vis.

Il est facile de voir , lorsque le sinus est égal à 1 , (c'est la plus grande dimension qu'il puisse atteindre, alors l'angle est droit) que ce frottement reprend sa première valeur. Mais pour obtenir celle du sinus en fonction de la saillie et du côté du filet , nous remarquons encore que le triangle rectangle adc , nous donne r ou 1 : $ac :: \sin . a : dc$; d'où nous tirons

$\sin . a = \frac{cd}{ac}$; et en égalant à m le quotient de cette division , puis en remplaçant dans le travail du frottement , $\sin . a$ par son égal m , nous avons

$$\frac{S}{m} \times Q \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right), (26).$$

Dans la vis à filet triangulaire nous aurions aussi : $2 \times \pi \times R \times F = Q \times p$, si le frottement n'existait pas. Or , comme nous venons d'obtenir ce dernier , nous avons, en l'ajoutant au second membre de cette équation :

$$\text{tion : } 2 \times \pi \times R \times F =$$

$Q \times p + \frac{S}{m} \times Q \left(\frac{p^2 + 4 \times \pi^2 \times R'^2}{2 \times \pi \times R' - S \times p} \right), (27)$, pour le travail de la puissance, en y comprenant le frottement.

Le frottement dans cette dernière, diminuant

comme le sinus augmente, nous voyons que pour diminuer celui-là, afin de le rapprocher de celui de la vis à filet carré, il faut faire *dc* le plus grand possible pour qu'il diffère très-peu de *ac*; et en faisant, comme nous l'avons dit plus haut, la profondeur du creux ou *dc* égale au pas *p*, nous sommes dans les meilleures conditions, tant pour la théorie que pour la pratique.

La vis et l'écrou ne sont pas toujours libres de tourner en frottant seulement sur le filet. La première est souvent munie d'un pivot *o* en acier trempé (fig.20), appuyant dans la crapaudine sur un petit cylindre *A* en acier aussi trempé; mais alors elle est destinée à faire cheminer l'écrou suivant l'axe de la vis, lequel écrou entraîne la charge qu'il supporte. Cette application se rencontre dans un presseur à deux vis qui ont leurs écrous dans le même morceau de matière. D'autres fois la vis est fixée solidement et c'est alors l'écrou qui tourne en appuyant et en frottant sa face inférieure sur une crapaudine en fonte, mais d'une autre forme que la précédente. Cela se trouve appliqué dans le cric à vis pour lever des fardeaux.

Dans ce dernier cas, il arrive quelquefois que la charge est placée sur le bout de la vis; alors l'écrou est destiné à faire monter ou descendre celle-ci; d'autres fois c'est l'écrou qui comprime ou qui lève cette charge, tout en tournant, en frottant et en cheminant le long de la vis; c'est le cas d'un presseur

à une seule vis qui est solidement fixée dans le sol.

Nous concevons facilement que ces appuis ne sont point avantageux pour la puissance, puisqu'ils donnent lieu à des frottements qu'elle est obligée de vaincre; par conséquent le frottement qui résulte de ces appuis doit être ajouté à la résistance.

Ce frottement étant dans le même cas que celui des deux surfaces planes qui frottent l'une contre l'autre, nous aurons donc le même coefficient S , pour le rapport du frottement à la pression.

Quoique la surface frottante du pivot o de la vis soit une surface convexe, il n'en existe pas moins une surface circulaire d'un rayon r plus ou moins grand qui frotte sur le petit cylindre A de la crapaudine cd en fonte; de sorte que le moment du frottement par rapport à l'axe om de la vis est $S.Q.r.\frac{2}{3}$,

dans lequel $Q.S$ est le frottement, et $\frac{2}{3} \times r$ la distance du centre de gravité d'un très-petit secteur au centre de rotation de la surface. Le travail de ce frottement dans un tour de la vis est donc:

$$2 \times \pi \times \frac{2}{3} \times r \times S \times Q = 4,1888 \times r \times Q,$$

π égale toujours 3,1416; et en ajoutant ce travail à celui de la résistance dans les équations (24 et 27) des deux vis, nous trouvons:

$$2 \cdot \pi \cdot R \cdot F =$$

$$p.Q + S.Q \left(\frac{p^2 + 4.\pi^2.R'^2}{2.\pi.R' - S.p} \right) + 4,1888 r.S.Q, \quad (28).$$

pour la vis à filet carré munie d'un pivot , et

$$2.\pi.R.F = Q.p + \frac{S}{m}.Q \left(\frac{p^2 + 4.\pi^2.R'^2}{2.\pi.R' - S.p} \right) + 4,1888.r.S.Q, (29),$$

pour celle à filet triangulaire aussi garnie d'un pivot.

Cette crapaudine *cd* porte à la partie supérieure une fraisure qui sert de vase, que nous avons soin de tenir toujours plein d'une huile bien fluide, telle que celle d'olive ou de pied de bœuf. Nous ferons attention à la partie *rs* qui est destinée à maintenir la vis, afin que celle-ci ne puisse jamais osciller dans la crapaudine, et qu'elle tourne bien rond.

L'écrou *abc* (fig. 21) en appuyant sur la crapaudine *ed*, doit donner, par rapport à l'axe *oM* de la vis, un frottement bien plus considérable que celui du pivot; car, sa surface frottante, qui ne peut être qu'une couronne, a son rayon moyen *r'* du frottement plus grand que celui de ce dernier, par conséquent le moment du frottement sera aussi plus grand. Ce rayon, sans craindre de commettre une erreur sensible pour ce genre de calcul, peut être considéré égal au rayon moyen de la couronne. Le frottement étant *S.Q* son moment est donc *S.Q.r'*, et son travail est donc aussi *2.π.r'.S.Q*.

En ajoutant celui-ci à celui de la résistance, dans les équations (24 et 27) des deux vis, nous trouvons

$$2.\pi.R.F = p.Q + S.Q \left(\frac{p^2 + 4.\pi^2.R'^2}{2.\pi.R' - S.p} \right) + 2.\pi.r'.S.Q, (30).$$

pour une vis à filet carré qui a son écrou tournant en frottant sur une crapaudine, et

$$2.\pi.R.F. =$$

$$Q.p + \frac{S}{m} \cdot Q \left(\frac{p^2 + 4.\pi^2.R^2}{2.\pi.R' - S.p} \right) + 2.\pi.r'.S.Q, (31),$$

pour une vis à filet triangulaire qui a son écrou dans les mêmes conditions précédentes.

Cet écrou est quelquefois muni d'un collier de rappel *gk* à quatre oreilles, qui sert à faire remonter le fût en bois ou en fonte *st* après que la pression a été effectuée, afin de pouvoir remettre sous ce dernier d'autres matières qui doivent être pressées. D'autres fois il n'est muni que de la crapaudine, et alors c'est la vis qui pousse l'objet à comprimer. Nous faisons à la crapaudine de l'écrou, quand nous la travaillons sur le tour, un réservoir *mn* à huile dont le niveau est plus élevé que les surfaces frottantes, de manière que, quand l'écrou tourne autour de la vis, l'huile a constamment tendance à s'interposer entre ces deux surfaces, et le frottement diminue. Ce qui conserve aussi les parties qui frottent l'une contre l'autre. Le petit cordon *bc* qui est porté par l'écrou, sert à maintenir celui-ci toujours concentrique à la crapaudine.

Maintenant prenons deux vis du même pas ayant le noyau de même grosseur, une à filet carré et l'autre à filet triangulaire, et ayant chacune un écrou en bronze; puis, tirons séparément pour chacune d'elle la valeur du travail absorbé par le frottement com-

parée au travail utile $Q.p$. Pour le bronze nous avons vu (formules 12 et 16) que le pas $p = 0,49.r$, r le rayon du noyau, pour le filet carré, et $p = 0,42.r$ pour le filet angulaire; d'où $r = \frac{p}{0,49}$ pour la première, et $r = \frac{p}{0,42}$ pour la seconde.

Pour la vis à filet carré, le rayon R' de l'hélice moyenne est égal au rayon r du noyau plus le $\frac{1}{4}$ du pas p , ce qui nous donne $R' = r + \frac{p}{4} = 2,29.p$, en remplaçant r par sa valeur $\frac{p}{0,49}$. Comme les vis doivent être souvent graissées, pour que l'écrou ne se ripe pas avec la vis, nous prendrons $S = 0,15$ pour le coefficient du frottement, pour le cas des surfaces légèrement onctueuses.

Ensuite, substituons toutes les valeurs numériques que nous connaissons, dans la formule (25) du travail du frottement sur le filet seulement, nous aurons :

$$Q \times 0,15 \left(\frac{p^2 + 4 (3,1416)^2 (2,29 \times p)^2}{2 \times 3,1416 \times 2,29 \times p - 0,15 \times p} \right) =$$

$$Q \times p \left(\frac{0,15 + 4 (3,1416)^2 (2,29)^2 \times 0,15}{2 \times 3,1416 \times 2,29 - 0,15} \right) =$$

$$2,19 \times p \times Q;$$

c'est-à-dire que dans cette vis le travail absorbé par le frottement du filet carré est un peu plus du double

du travail utile. En substituant cette valeur du frottement dans l'équation (24), nous trouvons :

$$2.\pi.R.F = \\ Q.p + S.Q \left(\frac{p^2 + 4.\pi^2.R'^2}{2.\pi.R' - S.p} \right) =$$

$Q.p + 2,19.Q.p = 3,19.Q.p$, (32), pour le travail de la puissance qui est un peu plus du triple du travail utile.

Pour la vis à filet triangulaire, le rayon R' de l'hélice moyenne est égal à celui r du noyau plus à la

moitié du pas; ce qui nous donne $R' = r + \frac{p}{2} =$

$2,88 \times p$, en remplaçant r par sa valeur $\frac{p}{0,42}$. D'après

ce que nous avons dit pour la profondeur du creux

(fig. 16), nous trouvons $\overline{ac}^2 = \overline{dc}^2 + \overline{ad}^2 = p^2 + \frac{p^2}{4}$;

d'où $ac = \sqrt{p^2 + \frac{p^2}{4}} = 1,119.p$; par conséquent :

$$m = \frac{cd}{ac} = \frac{p}{1,119.p} = \frac{1}{1,119}.$$

Actuellement substituons toutes ces valeurs numériques dans la formule (26) du frottement, et nous obtenons

$$Q \times \frac{0,15}{1} \left(\frac{p^2 + 4(3,1416)^2(2,88 \times p)^2}{2 \times 3,1416 \times 2,88 \times p - 0,15 \times p} \right) = \\ 1,119$$

$$Q \times p \left(\frac{0,167 + 0,167 \times 4(3,1416)^2(2,88)^2}{2 \times 3,1416 \times 2,88 - 0,15} \right) =$$

$$3,173 \times p \times Q.$$

pour le travail absorbé par le frottement, qui est un peu plus du triple du travail utile.

Nous remarquons qu'en faisant le creux du filet égal au pas, nous arrivons à un frottement moindre que celui que nous aurions si nous considérions les côtés du filet comme appartenant à un triangle équilatéral, comme les mécaniciens les ont faits pendant très-longtemps. Les belles vis sorties des ateliers de M. Mauslay, mécanicien anglais, lesquelles ont été copiées par nos bons constructeurs, sont dans cette condition, et nous croyons pouvoir dire, que l'exemple d'un aussi habile constructeur de machines n'est pas à dédaigner.

Cela dit, substituons cette dernière valeur du frottement dans l'équation (27), nous avons

$$2. \pi. R. F. =$$

$$Q.p. + \frac{S}{m} \cdot Q \left(\frac{p^2 + 4. \pi^2. R'^2}{2. \pi. R' - S.p} \right) = Q.p + 3,173. Q.p =$$

4,173. Q.p, (33), ce qui nous fait voir que le travail de la puissance est plus que quadruple du travail utile. En comparant les frottements des deux vis, nous voyons clairement que la vis à filet carré est plus avantageuse que l'autre ; ainsi dans les constructions que nous ferons, surtout pour faire de grands efforts, nous emploierons toujours la vis à filet carré ; parce que le frottement est moindre et que l'usure est aussi beaucoup moins grande.

Si les écrous étaient en fer ou en laiton, au lieu d'être en bronze, nous tirerions la valeur de R'

de la même manière que pour le bronze, mais en prenant les nombres qui conviennent au fer et au laiton.

15^e EXEMPLE. Il nous est très-facile maintenant de déterminer, en y comprenant le frottement du pivot ou de l'écrou, la force F quand nous connaissons la longueur du levier R . En effet soit la vis de l'exemple (10), qui a un écrou en bronze sur lequel nous fixons le levier R que nous égalons à $2^m,5$; et supposons que le grand rayon de la surface frottante du pivot de la vis ait $0^m,03$, le rayon moyen du frottement sera donc $r = \frac{2}{3} \times 0^m,03 = 0^m,02$; puis, substituons dans l'équation (28) toutes les quantités numériques que nous connaissons, et nous obtenons :

$$2 \times 3,1416 \times 2^m,5 \times F = 3,19 \times 0^m,0245 \times 22000^k + 4,1888 \times 0^m,02 \times 0,15 \times 22000^k,$$

(puisque (formule 32) $3,19 \cdot Q \cdot p =$

$$Q \cdot p + Q \cdot S \left(\frac{p^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot R'^2}{2 \cdot \pi \cdot R' - S \cdot p} \right)); \text{ d'où } F =$$

$$\frac{(3,19 \times 0^m,0245 + 4,188 \times 0^m,02 \times 0,15) 22000^k}{2 \times 3,1416 \times 2^m,5} =$$

427 kilg.

Ce qui nous fait connaître le poids équivalant à l'effort qu'il faut appliquer à l'extrémité du levier de $2^m,5$ pour lever 22000 kil. à la hauteur de $0^m,0245$.

De manière que, si nous supposons que trois chevaux marchent au pas en tirant sur le levier, ou bien que chacun d'eux tire sur un levier de $2^m,5$, ils fe-

ront dans un tour monter les 22000 kil. de 0^m,0245; le cheval ordinaire, quand il marche au pas, fait en tirant un effort moyen équivalant à 45 kilog.

16^e EXEMPLE. Appliquons la formule (30) pour un écrou en bronze qui frotterait sur une crapaudine, lequel servirait pour la vis précédente qui serait solidement arrêtée dans le sol pour l'empêcher de tourner, et dont l'écrou aurait 0^m,09 = r' (fig. 24) pour la longueur de son rayon moyen du frottement. Cela dit, substituons dans la formule (30) comme nous l'avons fait précédemment, et nous trouvons :

$$2 \times 3,4416 \times 2,5 \times F = 3,49 \times 0^m,0245 \times 22000 \text{ k} + 0,15 \times 0^m,09 \times 2 \times 3,4416 \times 22000 \text{ k.} \quad (\text{puisque, (formule 32) } 3,49 \times Q \times p =$$

$$Q \cdot p + Q \cdot S \left(\frac{p^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot R'^2}{2 \cdot \pi \cdot R - S \cdot p} \right) \Bigg); \text{ d'où } F =$$

$$\frac{(3,49 \times 0^m,0245 + 0,15 \times 0^m,09 \times 2 \times 3,44) 22000 \text{ k.}}{2 \times 3,4416 \times 2^m,50} = 228 \text{ k,26 ;}$$

et en divisant ce nombre par 45 k., nous trouvons qu'il faudrait 5 chevaux environ pour faire le même travail que nous ferions avec 3 au moyen du pivot. Ce qui nous fait voir que le frottement de l'écrou sur sa crapaudine est bien plus grand que celui du pivot frottant aussi sur sa crapaudine. Ainsi donc, toutes les fois que nous pourrions mettre le pivot à la vis, nous devons le faire sans hésitation.

17^e EXEMP. On nous demande une presse qui doit

avoir la vis en fer à filet carré et l'écrou en laiton ; dans laquelle la pression utile *maximum* n'excédera jamais 30000 kilog. Cette machine sera mue par quatre hommes ordinaires qui feront chacun six kilogrammètres de travail par seconde , en agissant sur une manivelle $R' = 0^m,35$ de longueur. Pour que ces quatre hommes puissent manœuvrer facilement la machine , nous mettrons deux vis sans fin , qui engreneront avec une roue cylindrique en fonte , à dents obliques ; laquelle roue sera solidement fixée sur la vis , qui portera un pivot de 0,06 de diamètre à la surface frottante. Ces vis sans fin porteront chacune une manivelle , sur laquelle deux hommes pourront y loger les deux mains ; lesquelles vis seront placées sur la roue diamétralement opposée.

Cela dit , déterminons d'abord les dimensions de la grosse vis , puis celles des deux vis sans fin. Celles-ci étant parfaitement égales , nous pouvons , par cette raison , opérer comme si nous n'en avions qu'une , et diviser l'effort total que doivent vaincre ces deux vis , en deux parties égales , dont chacune est l'effort qu'une vis doit tenir en équilibre.

Les 30000 kilog. étant substitués dans la formule (7) , nous avons :

$r = 0,366 \sqrt{30000} = 58,2$, millimèt. pour le rayon du noyau de la grosse vis ; puis si cette quantité est introduite dans l'équation (13) , nous obtenons :

$p = 0,576 \times 0^m,0582 = 0^m,0335$, pour son pas de vis.

Pour avoir celui des vis sans fin, nous allons déterminer l'épaisseur de la dent de la roue qui doit engrener avec elles; et nous renverrons, (en indiquant seulement la page), pour ce qui concerne les autres dimensions de la dent, aux pages de la brochure sur la *Machine à tailler les roues*. Dans l'état d'équilibre pour une vis sans fin, en ne supposant point de frottement, nous avons la proportion : l'effort f , appliqué à la manivelle d'une vis, est à celui $\frac{F}{2}$, qu'il faut vaincre. (Dans chacune de ces vis sans fin, cet effort $\frac{F}{2}$ est la résistance qu'il faut combattre, et dans la grosse vis son rôle est changé, cet effort étant doublé doit faire équilibre à l'effort $Q = 30000$ k.) comme le pas p' de la vis sans fin, est à la circonférence $2 \cdot \pi \cdot R'$, décrite par sa manivelle; ce qui nous donne

$$f : \frac{F}{2} :: p' : 2 \cdot \pi \cdot R'; \text{ d'où } \frac{F}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R' \cdot f}{p'},$$

dans laquelle $f (= 16$ k.) est l'effort que font les deux hommes sur une des deux manivelles, et F est celui qui agit sur la roue en étant également réparti sur deux points diamétralement opposés.

Cette valeur est le *minimum* de l'effort $\frac{F}{2}$, parce que le frottement, que nous ne comptons pas dans cette opération, détruit une partie de l'effort f , et par conséquent il augmente le premier.

Maintenant, remarquons dans la *Machine à tailler*

les roues (page 52), que la formule qui donne l'épaisseur e en centimètres, d'une dent en fonte, se change en $e = 0,00105 \sqrt{P}$, lorsque nous voulons avoir cette épaisseur en fraction du mètre. Cela posé, substituons dans cette dernière, la valeur de l'effort $\frac{F}{2}$, que nous venons d'obtenir, et nous avons :

$$e = 0,00105 \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot R' \cdot f}{p'}}$$

puis en remplaçant le pas p' par sa valeur $2,083 \times e$, que nous trouvons (page 53), nous obtenons :

$$e = 0,00105 \frac{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot R' \cdot f}}{\sqrt{2,083 \times e}}$$

Elevons les deux membres au carré, et multiplions-les par e , nous trouvons :

$$e^3 = (0,00105)^2 \frac{2 \cdot \pi \cdot R' \cdot f}{2,083}$$

d'où, en y substituant les valeurs numériques des lettres, et en extrayant la racine cubique, nous avons :

$$e = \sqrt[3]{\frac{(0,00105)^2 \times 2 \times 3,1416 \times 0^m,35 \times 16^k}{2,083}} = 0^m,0266,$$

pour l'épaisseur de la dent.

Multiplions cette épaisseur par 4 et nous trouvons

$$4 \times 0^m,0266 = 0^m,1064$$

pour la largeur de la dent dans le sens de l'axe, (page 51).

De même , avec cette épaisseur , nous déterminons le pas de la vis sans fin , et nous avons, (p. 51):

$$p' = 2,083 \times 0^m,0266 = 0^m,055.$$

Pour avoir le diamètre du noyau de cette vis , nous remarquons que , dans ce genre d'engrenage , il convient que le diamètre extérieur du filet soit un peu plus grand que la largeur , $0^m,4064$, de la dent ou de la couronne; de sorte que , ce diamètre extérieur , qui n'a aucune influence sur le rapport des vitesses angulaires , nous le faisons égal à :

$$0^m,4064 + 0^m,04 = 0^m,4464 ;$$

et cette quantité , $0^m,4466$, diminuée du double de la profondeur du creux entre le filet , nous donne celui du noyau. Nous supposons égal à $0^m,03$ le diamètre de la surface frottante du pivot d'une vis sans fin.

Actuellement prenons la formule (28) :

$2 \cdot \pi \cdot R \cdot F = 3,19 \cdot Q \cdot p + 4,19 \cdot r \cdot S \cdot Q$, (34), (voyez la formule 32) pour la grosse vis munie d'un pivot ; et remarquons-y que les valeurs de toutes les lettres peuvent être connues , sauf R le rayon du cercle primitif de la roue , lequel nous trouverons au moyen des valeurs précédentes.

Pour cela , déterminons la véritable valeur de F , du moins une valeur très-rapprochée , et remarquons d'abord que la vis sans fin étant d'un très-petit poids , et ne supportant aucune charge perpendiculairement à sa longueur , nous ne prendrons pas en considération le frottement de son

collet ; mais nous tiendrons compte de celui de son pivot, quoiqu'il soit aussi très-faible.

Le travail $2 . R' . \pi . f$ de deux hommes sur une manivelle , dans un tour pour une vis sans fin , doit faire équilibre à l'effort $\frac{F}{2}$, multiplié par le pas p' , plus à l'effort $S . \frac{\pi}{n} . \frac{F}{2}$ du frottement des dents, aussi multiplié par le pas p' , et plus à l'effort $S . \frac{F}{2}$ du frottement du pivot , multiplié par $\frac{4}{3} . \pi . r'$; ce qui nous donne l'équation

$$2 . \pi . R' . f = \frac{F}{2} \left(p' \left(1 + S . \frac{\pi}{n} \right) + S . \pi . \frac{4}{3} . r' \right) ,$$

dans laquelle r' ($= 0,045$) est le rayon du frottement du pivot, n le nombre des dents de la roue , et S ($= 0,45$) est le coefficient du frottement.

De cette équation nous tirons :

$$F = \frac{4 . \pi . R' . f}{p' \left(1 + \frac{S . \pi}{n} \right) + \frac{4}{3} . S . \pi . r'}$$

Mais nous avons (page 74) : $n . p' = 2 . \pi . R$; d'où $n = \frac{2 . \pi . R}{p}$, et en substituant dans la précédente , nous obtenons :

$$F = \frac{4 . \pi . R . f}{p' \left(1 + \frac{S . p'}{2 . R} \right) + \frac{4}{3} . \pi . S . r'} , \quad (35).$$

Cela fait , substituons dans celle-ci , toutes les va-

leurs des lettres connues, et effectuons, pour avoir une première valeur approchée de F , comme si R n'était point dans le second membre; alors, nous avons $F =$

$$\frac{4 \times 3,1416 \times 0^m,35 \times 16 \text{ k.}}{0^m,055 \left(1 + \frac{0,15 \times 0,055}{2} \right) + \frac{4}{3} \times 3,14 \times 0,15 \times 0,015} =$$

1090 kilg.

La valeur de F étant déterminée, substituons-la dans la formule (28), ainsi que celles des autres lettres, et nous trouvons :

$$2 \times 3,1416 \times 1090 \text{ k.} \times R =$$

$$30000 \left(3,19 \times 0^m,033 + 0,15 \times 4,19 \times 0^m,03 \right);$$

d'où $R =$

$$30000 \left(\frac{3,19 \times 0^m,033 + 4,19 \times 0,15 \times 0,03}{2 \times 3,1416 \times 1090 \text{ k.}} \right) = 0,532.$$

Actuellement, faisons entrer dans l'équation (35), qui nous fait trouver F , la valeur du rayon $R = (0^m,532)$, et nous avons $F =$

$$\frac{4 \times 3,1416 \times 0^m,35 \times 16 \text{ k.}}{0,055 \left(1 + \frac{0,15 \times 0,055}{2 \times 0^m,532} \right) + \frac{4}{3} \times 3,14 \times 0,15 \times 0,015} =$$

1088 kilg.

La différence entre les deux membres 1090 kilg. et 1088 kilg. étant presque insensible, nous considérons $0^m,532$ comme la vraie valeur du rayon du cercle primitif de la roue; celle-ci nous la construirons

en suivant le moyen indiqué (page 45). Ce mot page, nous avons vu plus haut qu'il renvoyait à la brochure sur la *Machine à tailler les roues*.

Le nombre n des dents de la roue, nous l'obtenons, en substituant dans la formule : $\frac{2 \cdot \pi \cdot R}{p} = n$, les valeurs numériques connues, et nous avons

$n = \frac{2 \times 3,1416 \times 0^m,532}{0^m,055} = 60,28$; mais ce nombre doit être entier et divisible par le pas p ($=0^m,055$), nous prendrons donc 60, qui est celui qui en approche le plus ; et avec ce dernier, que nous mettons à la place de n , nous tirons une dernière valeur de R , qui nous sert pour confectionner la roue ; ce qui nous donne

$$R = \frac{60 \times 0^m,055}{2 \times 3,1416} = 0^m,5252.$$

Il est facile de voir que cette quantité est aussi près du vrai rayon que la première quantité $0^m,532$, puisque le nombre 1090 k. qui a fait obtenir celle-ci par voie de multiplication, est plus grand que celui 1088 kil. qui devait le remplacer.

Avec les conditions que nous avons prises, les hommes feront sans peine 20 tours de manivelle par minute ; avec ce nombre de tours, leurs mains parcourront $0^m,75$ en une seconde, lesquels, en les multipliant par 8 kil., l'effort que fait un homme sur la manivelle, donnent bien 6 kilogramèt. par seconde.

Or, comme 20 tours de la vis sans fin font passer

20 dents à la roue, il s'ensuit que dans une minute celle-ci fait $\frac{1}{3}$ de tour ; et si l'écrou de la grosse vis devait monter ou descendre de $0^m,485$, la roue dentée ferait 15 tours (car $15 \times 0^m,0323 = 0^m,485$ environ) et chaque vis sans fin en accomplirait 900 ; et tout cela s'effectuerait dans un temps de 45 minutes.

18^e EXEMPLE. Prenons encore un exemple, et tâchons d'élever Q ($= 2000$ kil.) à une hauteur quelconque, au moyen d'un treuil qui portera une vis engrenant avec une roue dentée en fonte. Cette machine sera mue par deux hommes agissant sur une manivelle de $0^m,4$ de longueur, à l'extrémité de laquelle ils feront un travail de 12 kilogrammètres par seconde. Le rouleau qui recevra la corde aura D ($= 0^m,25$) de diamètre, et le pivot de la vis sans fin un rayon de $0^m,01$ à la surface frottante.

La corde étant blanche et en bon chanvre supportera avec sécurité 125 kilog. par centimètre carré ; donc $\frac{2000^k}{125} = 76 \text{ c.g.} = 0,^m,0016$ est la surface de la section de la corde ; de sorte que son diamètre

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0016}{3,1416}} = 0^m,045 \text{ environ.}$$

L'effort équivalant à 280 kilog. pour vaincre la raideur de la corde, ou pour la plier sur le tambour, nous l'obtenons au moyen de la formule $\frac{K + I \times Q}{D}$, et à l'aide des valeurs numériques qui

conviennent à K et I dans cette circonstance : ces données nous les trouvons dans la mécanique citée plus haut. Ce poids nous l'ajoutons à celui qu'il faut élever ; car cette raideur ayant lieu du côté de la résistance, doit être vaincue par la puissance. Ainsi nous avons 2000 kil. + 280 kil. = 2280 kil.

Le poids 2000 kilog. et celui de 100 kilog. que nous supposons au rouleau en fonte y compris son axe en fer, pèsent constamment sur les tourillons ; mais comme le premier est susceptible de changer de position, comme le fait la corde en s'enroulant sur le tambour, nous voyons que ce poids doit être divisé en deux autres poids réciproquement proportionnels aux deux parties rectilignes qui forment, en les ajoutant, la distance des deux appuis. Le point de jonction de ces deux lignes est la limite de la position du poids quand il est très-près d'un tourillon, ou très-éloigné de l'autre. Si nous supposons que la plus courte de ces deux lignes soit égale à 1 et la plus longue à 7 ; nous avons la proportion :

$$1 + 7 : 2000 :: 7 : x, \text{ d'où}$$

$$x = \frac{7 \times 2000 \text{ k.}}{8} = 1750 \text{ k. ;}$$

puis en ajoutant à ce dernier la moitié du poids du rouleau, nous avons 1750 + 50 = 1800 k. pour le *maximum* de charge que supportera l'un ou l'autre des tourillons lorsque cette charge est très-près de l'un d'eux ; ce poids étant substitué dans la formule

$r = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{589050}}$, donnée par M. Morin pour le rayon r d'un tourillon en fer, nous avons

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1800}{589500}} = 0^m,0275.$$

Ensuite, en opérant comme dans l'exemple précédent nous trouvons $0^m,022$ pour l'épaisseur de la dent de la roue; puis $0^m,046$, tant pour le pas de celle-ci que pour celui de la vis sans fin; et enfin $0^m,088$ pour la largeur de la dent ou de la couronne de la roue.

Dans cet exemple, notre but est aussi de déterminer le rayon R de la roue dentée; et pour y parvenir nous allons d'abord substituer toutes les valeurs connues dans la formule (35), et nous avons :

$$F = \frac{2 \times 3,1416 \times 0^m,4 \times 16 \text{ k.}}{0^m,046 \left(1 + \frac{0,25 \times 0^m,046}{2} \right) + \frac{4}{3} \times 3,140,25 \times 0^m,01} = 708,6 \text{ kilog.}$$

pour une première valeur de F . Nous supposons dans cet exemple que les dents, les tourillons et le pivot sont légèrement onctueux, ce qui nous donne $S = 0,25$ pour le rapport du frottement à la pression.

Pour l'équilibre autour de l'axe du rouleau nous avons d'une part le moment de l'effort F , qui est appliqué à l'extrémité du rayon (R) primitif de la roue,

ce moment est donc $F \times R$, et de l'autre nous avons d'abord le moment des 2280 kilog., lequel nous trouvons en multipliant ce poids par la somme des rayons du rouleau et de la corde, puis celui du frottement des tourillons, lequel est égal aux 2392,6 (*) kilog. multipliés par le coefficient du frottement et par le rayon de l'un des tourillons; ceux-ci sont égaux. Ce qui nous donne

$$2280 \left(\frac{0^m,25 + 0^m,045}{2} \right) + 2392,6 \times 0,25 \times 0,0275,$$

pour la somme de ces deux moments.

Or, le premier devant faire équilibre à ces deux derniers, nous avons $F \times R =$

$$2280k. \left(\frac{0^m,25 + 0^m,045}{2} \right) + 2392,6 \times 0,25 \times 0^m,275$$

d'où en substituant la valeur de F , nous obtenons

$$R = \frac{1140 \left(0^m,25 + 0^m,045 \right) + 2392,6 \times 0,25 \times 0^m,0275}{708,6 \text{ kilog.}} = 0^m,498.$$

Maintenant, introduisons, comme nous l'avons fait dans l'exemple 16, cette valeur dans l'équation (35), et nous trouvons $F = 705$ kilog. au lieu de 708,8; ensuite substituons de nouveau dans la for-

(*) Le nombre 2392,6 est la résultante des efforts qui agissent sur les tourillons du tambour; la puissance a sa direction horizontale et la résistance verticale; de sorte que, le parallélogramme des efforts étant un rectangle, le carré de l'hypoténuse, (connaissant 708 kilg. et 2000 k. + 280 k. + 100 k. = 2380 k. pour les côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle), nous fait trouver la résultante, qui elle-même est l'hypoténuse.

mule qui donne la valeur de R , et nous avons en définitive $R \doteq 0^m,5013$. Ces deux valeurs, pour le rayon, diffèrent si peu que nous pourrions nous passer de faire une seconde fois le calcul.

Pour avoir le nombre des dents de la roue, nous répéterons le même calcul que nous avons fait pour celui de la roue de l'exemple 16.

Il nous arrive souvent d'employer des écrous en fer qui ont le filet carré brasé; parce que ces écrous sont faits en forme de tube, et ne sont ouverts que par un bout. Nous concevons facilement que le filetage de pareils écrous, fait à la machine, serait très-coûteux, et ne serait pas toujours d'une exécution facile.

C'est pour éviter cet embarras que nous fixons le filet dans le tube, de la manière suivante: d'abord nous filetons la vis comme nous l'avons dit plus haut; puis, nous nous assurons, en introduisant celle-ci dans le tube, avant que le filet y soit placé, s'il existe tout autour un millimètre $\frac{1}{2}$ de jeu, c'est-à-dire que la différence des diamètres doit être de $0^m,003$ environ; ensuite, nous enroulons sur la vis, en remplissant le creux, une tringle en fer doux (dite filet) qui donne à la vis, une fois la tringle roulée, un diamètre plus grand que celui du trou du tube.

Cela fait, nous enroulons encore une seconde tringle en fer doux (dite contre-filet) qui remplit exactement le creux qu'a formé la première au-dessus du

filet de la vis ; alors celle-ci est recouverte d'une enveloppe que nous mettons cylindrique , soit en la limant , soit en la tournant , de manière à la faire entrer très-fortement dans le tube ; mais après que nous avons , avec une lime , nettoyé l'intérieur de celui-ci. Ensuite , quand la vis , garnie de cette enveloppe , est rendue dans le tube au point convenable , nous fixons , à l'aide d'une goupille , ce dernier avec une patte que porte la première tringle ; de telle manière que cette goupille tombe dans le creux de la vis ; enfin , en plaçant le tube dans les mors d'un étau ou de tout autre machine analogue servant à saisir les pièces , et en tournant la vis , nous faisons sortir celle-ci du tube , laquelle laisse dans ce dernier les deux tringles roulées.

Cette opération terminée , nous prenons de longs morceaux de cuivre rouge en planche très-mince , et nous les plaçons en long dans le tube sur le filet ; puis , avec du borax , nous saupoudrons beaucoup ce dernier , ainsi que le cuivre qui doit en être recouvert ; ensuite , nous allumons une forge dans laquelle nous mettons le tube , que nous recouvrons de charbon de bois incandescent , et nous chauffons celui-ci jusqu'au rouge qui fond le cuivre. Alors , nous faisons faire dans le feu un certain nombre de tours au tube , jusqu'à ce que nous pensions que la matière liquide ait atteint toutes les parties du filet et du contre-filet ; et enfin , nous faisons couler la matière excédante au fond du tube , et

nous retirons l'écrou du feu pour le laisser refroidir.

Quand il est froid nous sommes obligés de passer un outil dans le creux du filet, pour enlever le borax vitrifié et les gouttes de cuivre qui sont restées attachées au filet ; et après cette opération , nous avons un écrou d'une assez grande solidité. L'expérience suivante nous fera connaître à peu près la ténacité qu'a ce filet avec le tube ainsi brasé.

Nous avons brasé deux tours de filet dans un écrou garni d'un anneau , et nous y avons mis la vis , à laquelle nous avons adapté un plateau de balance , lorsque nous avons préalablement suspendu l'écrou à un crochet. Dans ce plateau ont été placés 770 kil. et nous avons donné de fortes secousses à l'appareil, pour tâcher de faire céder le filet , qui n'a pas eu la moindre apparence de fatigue.

Le diamètre extérieur de la vis avait 0^m,050 , et celui de son noyau 0^m,038 ; le contour extérieur des deux tours du filet était donc de :

$$0^m,050 \times 3,1416 \times 2 = 0^m,3141.$$

Le pas de la vis étant de 10 millimètres , l'épaisseur du filet est donc de 0^m,005 ; par conséquent , la surface de contact du tube avec le filet est :

$$0^m,005 \times 0^m,3141 = 0^m,001570 \text{ ou } 15,705 \text{ centimètres carrés.}$$

Maintenant , nous diviserons les 770 kilog. par ce nombre de centimètres carrés , et nous aurons le poids que peut supporter avec sécurité , un centi-

mètre carré de surface de filet brasé dans un tube ,
comme nous venons de l'expliquer.

Ainsi donc, nous aurons $\frac{770}{15,71} = 49$ kil. environ ,
par centimètre carré.

Ce qui vient à l'appui de cette expérience , c'est
l'emploi général qui se fait de ce genre d'écrou ,
dans les étaux qui sont employés dans presque tous
les ateliers où sont travaillés les métaux.

Généralement les étaux qui pèsent 40 kilog. en-
viron, ont des vis de 0^m,050 de diamètre à l'extérieur
du filet , et un pas qui est entre 0^m,009 et 0^m,010.
La manivelle qui sert de levier , a moyennement
0^m,35 de longueur à partir de l'axe de la vis à l'ex-
trémité où nous plaçons les mains pour exercer l'ef-
fort.

Celui-ci sans craindre de le faire trop grand, peut
être estimé à 40 kilogr. au moins ; car , nous voyons
tous les jours dans les ateliers , que l'ouvrier, quand
il serre fortement une pièce entre les mors de l'é-
tau , en appuyant les mains sur l'extrémité de la
manivelle, lance son corps au-dessus du sol , pour
le laisser tomber sur ses bras qui poussent le levier.
Or, comme le poids d'un homme ordinaire est de
60 kilog. environ , nous voyons que cet effort , sans
tenir compte de la secousse, est supérieur à celui
que nous avons supposé.

D'après ce que nous avons vu plus haut sur l'équi-

libre de la vis, sans y comprendre le frottement, nous avons l'équation :

$$\frac{P}{R} = \frac{p}{2.\pi.r},$$

dans laquelle P est la puissance, R la résistance, p le pas de la vis, r la longueur de la manivelle, et le second membre qui est tout connu, exprime le rapport de la puissance à la résistance.

Cela posé, divisons par p les deux termes du second membre, et substituons-y les valeurs numériques, nous avons :

$$\frac{P}{R} = \frac{1}{2.\pi.r} = \frac{1}{2 \times 3,1416 \times 0^m35} = \frac{1}{244} \text{ environ.}$$

$\frac{p}{0,009}$

Ce qui nous fait voir clairement que si $P = 1$ kil. R en = 244 ; donc, P égalant 40 kilog., $R=9760$ k.

Si maintenant, nous tenons compte du frottement du filet, et de celui de l'embase de la vis, laquelle embase appuie contre l'un des bords de l'étau, nous pouvons, d'après ce que nous avons démontré (formule 32) pour le frottement de la vis à filet carré, diviser 9760 kilog. par 3,5, et nous trouvons $\frac{9760}{3,5} = 2788$ kilog. environ, pour l'effort réel exercé par la vis sur l'étau.

Or, les écrous ou boîtes d'étau de 40 kil. environ, ayant moyennement 8 tours de filet, et se trouvant dans les mêmes conditions de la vis et de l'écrou que

nous venons d'expérimenter, nous avons, d'après les deux tours du filet, la proportion 2^{tours} : 15, c. q. 7 :: 8^{tours} : x ; d'où $x = 62,8$ centimètres carrés de surface de filet brasé, lesquels nous trouvons pour une bolte d'étau; et en divisant 2788 kilog. par ce nombre de centimètres, nous obtenons $\frac{2788}{62,8} = 44,3$ kilog. par centimètre carré. Ce nombre étant très-rapproché des 49 kilog. que nous avons obtenus d'après l'expérience, nous pouvons conclure qu'un centimètre carré de filet brasé peut supporter avec sécurité 44,3 kilog.

Avec ces données nous nous rendrons toujours compte, lorsque nous aurons à construire de pareils écrous, de l'effort que peut supporter avec sécurité un certain nombre de tours du filet. Il est essentiel dans ce genre d'écrou, que le filet quand nous l'introduirons dans le tube, coïncide bien avec celui-ci.

Les boltes d'étau sont toujours bien graissées, et quoiqu'elles soient constamment en service, elles durent très-long-temps.

NOTA. Lorsque la vis à fileter est très-longue, nous fixons sur le chariot *E* un support qui est garni à sa partie supérieure d'un coussinet en laiton. Celui-ci est creusé selon le contour de la vis, et appuie sur cette dernière, afin qu'elle ne cède point sous l'effort de l'outil.

FIN.

TABLe DES MATIÈRES

SERVANT AUX

Machines à Alléser, Tailler et Fileter.

POUR LA MACHINE A ALLÉSER.

	Pages.
Description de la Machine.	3 à 5
Détermination de la vitesse rectiligne de l'outil, suivie de trois exemples numériques pour trouver les roues dentées.	6 à 11
De la quantité de matières que doit prendre l'outil suivant le chemin rectiligne.	11 à 14
Détermination de la vitesse circulaire de l'outil, suivie de deux exemples numériques pour trouver les diamètres des poulies qui commandent la Machine.	14 à 19
Comment faisons-nous pour tourner les brides ou collerettes des cylindres.	19 à 20
Légende des figures qui sont sur la planche ; du nombre d'outils et de la manière que nous les plaçons sur le tourteau.	20 à 22
Du travail utile que dépense cette Machine.	22

POUR LA MACHINE A TAILLER.

	Pages.
Description de la Machine.	3 à 6
Méthode pour se servir du plateau.	6 à 9
Méthode pour tailler une roue cylindrique.	9 à 11
Méthode pour tailler une roue cylindrique à dents obliques.	11 à 15
Méthode pour obtenir pratiquement et exactement la surface gauche que doivent avoir les dents d'une roue qui engrène avec une vis.	15 à 17
Du choix à faire du nombre des filets que nous devons mettre à une vis sans fin et de l'inclinaison de ces filets.	17 à 20

Méthode pour tailler une roue conique en deux opérations seulement.	20 à 24
Méthode pour se servir du diviseur universel qui est placé sur la Machine.	24 à 26
La forme que nous devons donner aux outils et comme nous devons les tremper.	26 à 27
Méthode pour percer les roues d'échappement à goupilles.	27
Le nombre des tours que fait l'outil.	27 à 28
Méthode pour tailler un compteur circulaire d'horloge.	28 à 32
Du travail utile que dépense cette machine.	33
Les divisions du plateau.	34
Méthode pour obtenir ces divisions.	35 à 36
Différentes courbes à donner aux dents suivant le cas, suivies d'un exemple pour une roue qui commande une vis sans fin.	36
Ce que nous entendons par circonférence primitive.	37
Ce que nous entendons par vitesses angulaires.	37 à 38
Détermination du cercle primitif d'une roue qui engrène avec une vis sans fin.	38 à 39
De la courbure des dents de cette roue.	40
Tracé graphique de la développante.	40 à 41
Ce que nous entendons par cercle générateur des deux roues qui engrènent ensemble.	41 à 42
Exemple d'une vis sans fin qui commande une roue.	42
Tracé graphique de la courbe cycloïde pour la courbure du filet de la vis sans fin.	42 à 45
De la courbure des dents de deux roues cylindriques qui engrènent ensemble.	45
Tracé graphique de la courbure épicycloïde.	45 à 47
De la courbure des dents des roues coniques.	47 à 48
Tracé graphique de deux roues d'angles ou coniques qui engrènent ensemble sous un angle quelconque.	48 à 50
Formules pour trouver l'effort que fait une dent,	

<u>son épaisseur, son flanc, sa face, sa longueur et le pas de la roue.</u>	<u>50 à 53</u>
<u>Formule pour déterminer le pas de deux roues engrenant ensemble, dont l'une porte des al-luchons et l'autre des dents en fonte.</u>	<u>53 à 54</u>
<i>Détermination des rayons et du nombre des dents des roues.</i>	
<u>Cas où nous connaissons les vitesses angulaires de deux roues et le rayon de l'une d'elles, suivi d'un exemple numérique.</u>	<u>55 à 56</u>
<u>Cas dans lequel l'épaisseur de la dent est donnée, suivi d'un exemple numérique.</u>	<u>56 à 57</u>
<u>Cas où la somme des rayons de deux roues est connue ainsi que leur vitesse angulaire, suivi d'un exemple numérique.</u>	<u>57 à 59</u>
<u>Quel est le but de la roue intermédiaire.</u>	<u>59</u>
<u>Cas où trois axes parallèles se communiquent le mouvement au moyen de roues dentées, suivi de deux exemples numériques.</u>	<u>59 à 62</u>
<u>Cas où quatre axes parallèles se communiquent le mouvement à l'aide de roues dentées, suivi d'un exemple numérique.</u>	<u>62 à 64</u>
<u>Cas où le pas de l'engrenage, la somme des rayons des roues, et les deux vitesses angulaires sont connus, suivi de deux exemples numériques.</u>	<u>64 à 67</u>
<u>Cas où le nombre des dents d'une roue doit être divisible par un nombre donné et celle-ci construite suivant le rapport des vitesses angulaires, suivi de deux exemp. numériques.</u>	<u>67 à 69</u>
<u>Minimum du nombre des dents d'un pignon.</u>	<u>69</u>
<u>Détermination du nombre des dents de deux roues coniques engrenant ensemble.</u>	<u>70</u>
<u>Remarque sur les mouvements de trois roues coniques engrenant ensemble.</u>	<u>70</u>
<u>Cas où une roue dentée commande plusieurs pignons.</u>	<u>70</u>

Cas de l'engrenage de la crémaillère avec un pignon.	71
Dans quel cas la roue cylindrique est employée.	71 à 72
Dans quel cas la roue cylindrique à dents obliques est employée.	72
Dans quel cas la roue conique est employée.	72
Engrenage de deux roues cylindriques à dents obliques taillées chacune à 45 degrés.	72

MACHINE A FILETER.

<u>Définition de l'hélice et dissertation sur la vis.</u>	<u>5 à 11</u>
<u>Description de la Machine.</u>	<u>11 à 22</u>
<u>Déterminer le pas d'une vis en fonction de celui de la mère-vis et des deux vitesses angulaires, suivi d'un exemple numérique.</u>	<u>22 à 24</u>
<u>Méthode pour fileter une vis.</u>	<u>24 à 26</u>
<u>Nombre des pas de vis que nous pouvons obtenir au moyen de 40 roues dentées chacune d'un nombre de dents différent.</u>	<u>26 à 27</u>
<u>Déterminer les nombres des dents de quatre roues dentées en fonction des pas de vis, pour fileter une vis quelconque, suivi de trois exemples numériques.</u>	<u>27 à 32</u>
<u>Méthode pour fileter les vis à plusieurs hélices ou filets.</u>	<u>32</u>
<u>Méthode pour fileter les écrous.</u>	<u>32 à 33</u>
<u>Des divers emplois que cette Machine peut remplir.</u>	<u>33</u>
<u>Comment obtenons-nous le rapport des vitesses des poulies pour le mouvement rectiligne de l'outil.</u>	<u>34 à 35</u>
<u>Ce que nous devons faire pour fileter une pièce brute quand elle est montée sur les pointes de la Machine.</u>	<u>35</u>
De la vitesse circulaire de la pièce ou de l'outil et des rapports des vitesses que nous pou-	

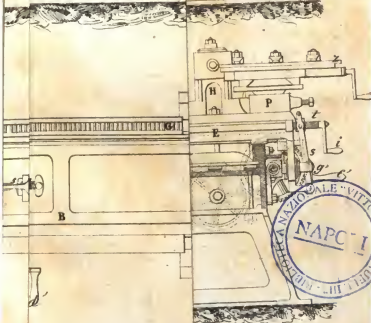
vons obtenir dans cette Machine, suivis de six exemples numériques.	35 à 43
Travail utile pour faire fonctionner cette Machine.	43
Quel est le nombre des tours du filet carré que doit avoir un écrou.	44 à 46
Formule (7) pour avoir le rayon du noyau d'une vis.	46
Quel est le poids en kilog. que doit supporter par unité de superficie le noyau d'une vis.	47
Détermination du pas d'une vis à filet carré, d'après l'effort qu'elle doit faire et d'après les matières qui composent l'écrou et la vis.	47 à 49
Expérience sur la flexion du fer, du bronze et du laiton pour le filet des écrous.	49 à 51
Pas de vis pour les écrous en fer, en bronze et en laiton à filet carré, suivi de trois exemples numériques.	51 à 53
Détermination du pas d'une vis à filet triangulaire, d'après l'effort qu'elle doit faire et d'après les matières qui composent l'écrou et la vis.	54 à 55
Détermination du nombre des tours du filet triangulaire que doit avoir un écrou.	55
Pas de vis pour les écrous en fer, en bronze et en laiton à filet triangulaire, suivi de deux exemples numériques.	55 à 57
De l'épaisseur des écrous dans le sens du rayon.	57 à 58
Formule pour trouver le rayon du cercle inscrit ou circonscrit à un polygone depuis 3 côtés jusqu'à 16, pour faire les écrous à pans, suivi d'un exemple numérique.	58 à 60
Théorie des vis à filet carré et triangulaire, en y comprenant le frottement du filet de l'écrou.	60 à 69
Les équations (24) et (27) donnent le travail que doit faire la puissance, pour faire monter un corps du poids Q au tour de la vis, la	

<u>première pour le filet carré et la seconde pour le filet angulaire.</u>	66 à 68
<u>Les formules (25) et (26) représentent le travail du frottement pour les deux vis.</u>	66 à 68
<u>Formules (28) et (29), détermination du travail de la puissance dans le cas d'une vis portant un pivot, y compris tous les frottements, pour les deux vis.</u>	69 à 71
<u>Formules (30) et (31), détermination du travail de la puissance dans le cas d'une vis qui a un écrou qui frotte sur une crapaudine, y compris tous les frottements, pour les deux vis.</u>	71 à 72
<u>Applications numériques pour comparer le travail de la puissance des deux vis, situées dans les mêmes circonstances. Formules (32) et (33).</u>	72 à 75
<u>Applications numériques de ces formules pour comparer deux résultats, provenant d'une même vis ayant dans un cas un pivot et dans un autre un écrou qui frotte sur une crapaudine.</u>	75 à 77
<u>Calcul d'un fort presseur pour comprimer 30000 kil., ou élever ce poids à 0^m,485 de hauteur à l'aide de quatre hommes ordinaires travaillant sur des manivelles.</u>	77 à 85
<u>Calcul d'un fort treuil à vis sans fin, mu par deux hommes ordinaires, pour élever des matériaux à une certaine hauteur.</u>	85 à 89
<u>Emploi et expérience du filet brasé dans une boîte d'étau.</u>	89 à 94

FIN DE LA TABLE.

SBN 608733





Lith Lauray-Cagnot Angers.

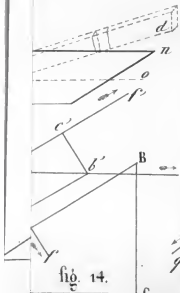


fig. 14.

fig.

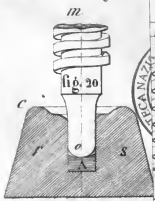


fig. 20.

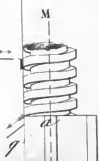


fig. 21.

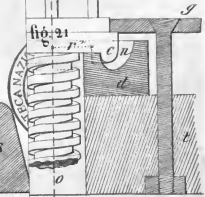


fig. 22.

fig. 10.

